This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

COUNTWAY LIBRARY
HC 1XWP Y

Digitized by Google

Digitized by Google

my. Clapp
Paris
1850

Digitized by Google

Digitized by Google

CHIMIE

PHYSIOLOGIQUE ET MÉDICALE.

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE D'ALEXANDRE BAILLY,
RUE DU FAUBOURG-MONTMARTRE, 10.

Digitized by Google

CHIMIE

PHYSIOLOGIQUE ET MÉDICALE,

PAR M. DUMAS,

MEMBRE DE L'INSTITUT ROYAL (ACADÉMIE DES SCIENCES) ET DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE, DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES, PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES ET DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE STOCKHOLM, CORRESPONDANT DES ACADÉMIES DE BERLIN, DE TURIN, DE SAINT-PÉTERSBOURG, DE MOSCOU, DE COPENHAGUE, ETC.

HARVARD MEDICAL LIBRARY

BECHET JEUNE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, N° 1.

1846

Digitized by Google

HARVARD MEDICAL LIBRARY
IN THE
FRANCIS A. COUNTWAY
LIBRARY OF MEDICINE

Digitized by Google

TABLE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME.

CHAPITRE PREMIER.

Matières animales neutres..... 321
Protéine..... 323
Fibrine..... 327
Albumine..... 339
Caséine..... 347
Vitelline..... 353
Glutine..... id.
Glaïadine..... 354
Amandine..... 356
Légumine..... 358
Protide, Erythroprotide, Leucine..... 359

CHAPITRE II.

Matières gélatineuses et tissus qui les fournissent..... 363
Chondrine..... 364
Gélatine..... 367
Sucre de gélatine..... 376
Acide nitro-saccharique. 377

CHAPITRE III.

Acide urique et ses dérivés..... 379
Acide urique..... 382
Allantoïne..... 388
Acide allanturique..... 390
Alloxane..... 391
Acide alloxanique..... 393
Acide mésoxalique..... id.
Acide mycomélique..... 394
Acide parabanique..... id.
Acide oxalurique..... 395
Acide thionurique..... id.
Uramile..... 396
Acide uramilique..... 397
Alloxantine..... 398
Acide dialurique..... 400
Murexide..... id.
Murexane..... 406
Oxyde xanthique..... 409
Oxyde cystique ou cytine. 410
Oxyde rosacique..... 411
Urée..... 412

LIVRE XIII.

CHAPITRE PREMIER.

Introduction a la statique des êtres organisés..... 417

CHAPITRE II.

Nutrition des plantes.. 431

CHAPITRE III.

Phénomènes de combustion dans les êtres organisés..... 446

CHAPITRE IV.

Sang..... 475
Sang des animaux..... 524

CHAPITRE V.

Urine..... 532
Calculs urinaires..... 560
Urine des animaux..... 571

Digitized by Google

Appendice à l'urine..... 571
Purrée et acide purréique..... 579

CHAPITRE VI.

Bile..... 582
Acide choléique..... 586
Acide choloïdique. Résine biliaire (Gmelin). 590
Acide cholinique..... 593
Acide cholique..... 594
Concrétions biliaires.... 595
Bile des animaux..... 596

CHAPITRE VII.

De la digestion et de ses produits..... 598
Salive..... id.
Suc gastrique..... 603
Suc pancréatique..... 604
Suc intestinal..... 606
Phénomènes chimiques de la digestion..... id.
Chyle et lymphe..... 613
Mat. excrémentitielles.. 616
Concrétions intestinales. 620
Gaz intestinaux..... 622

CHAPITRE VIII.

Lait..... 624
Conservation du lait.... 660
Fromages..... 661

CHAPITRE IX.

Œufs..... 664

CHAPITRE X.

Liqueur séminale..... 672

CHAPITRE XI.

Os..... 676

CHAPITRE XII.

Cerveau..... 688

CHAPITRE XIII.

Muscles..... 693

CHAPITRE XIV.

Pus..... 701

CHAPITRE XV.

Fabrication des engrais, des amendements et des stimulants..... 706

CHAPITRE XVI ET DERNIER.

Putréfaction..... 718

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER.

MATIÈRES ANIMALES NEUTRES.

4073. Parmi les matières organiques, il en est quelques-unes qui sont azotées, neutres, incristallisables, organisées ou susceptibles de l'être, décomposables au feu, putrescibles, assimilables et par conséquent nutritives. Quoique ces matières se retrouvent dans les plantes, quoiqu'elles y prennent essentiellement naissance, leur prédominance dans les animaux leur a fait donner le nom de matières animales neutres.

Les matières qui constituent ce groupe sont peu nombreuses, et bien que, dans ces dernières années, elles aient été soumises à un examen attentif, sous le point de vue chimique, c'est surtout pour le physiologiste qu'elles présentent un vif intérêt.

Parmi ces substances, il en est trois qui possèdent un grand nombre de propriétés communes et qui méritent toute notre attention par leur présence dans tous nos tissus ou dans tous nos aliments essentiels : ce sont la *fibrine* et l'*albumine* qui constituent les matériaux solides du sang les plus abondants, et la *caséine* qui forme le principe azoté du lait des animaux. Nous y joindrons la *vitelline* qui forme la partie azotée du jaune de l'œuf, la gélatine et la chondrine, produits remarquables, qui prennent naissance lorsqu'on fait bouillir les os ou les cartilages avec de l'eau ; nous terminerons enfin l'histoire de ces composés par l'étude de la glutine que l'on rencontre dans la plupart des céréales et par celle des matières azotées qu'on retire des amandes et des semences des légumineuses.

Soumises à la distillation sèche, ces substances donnent, outre les produits ordinaires que fournissent les matières végétales, du carbonate d'ammoniaque en grande abondance ; de l'acétate, du sulfhydrate et du cyanhydrate d'ammoniaque en moindre proportion ; une huile épaisse, noire et fétide, contenant plusieurs substances

Digitized by Google

huileuses qui se comportent comme de véritables bases; enfin, on obtient comme résidu un charbon caverneux très brillant et difficile à incinérer. Berthollet, qui, le premier, examina avec soin les produits provenant de ces distillations, y signala la présence d'une matière acide particulière, qu'il désignait sous le nom d'acide zoonique.

Sous l'influence simultanée de l'air, de l'eau et d'une température favorable, les éléments de ces matières se dissocient pour donner naissance à des composés plus simples; il se développe dans cette réaction une multitude d'animalcules microscopiques de la forme la plus simple, véritables globules mouvants; bientôt ceux-ci se détruisent à leur tour. Ces réactions sont accompagnées d'une odeur infecte; de là le nom de fermentation putride donné à la décomposition qui se produit dans ces circonstances.

Suffisamment chauffées au contact de l'air, elles se boursouflent et s'enflamment, en répandant beaucoup de fumée; il se dégage, en outre, une odeur particulière et désagréable qui est commune à tous ces produits. Le chlore les précipite. L'hydrogène, l'azote et le carbone sont sans action sur elles; on ne connaît pas la manière d'agir des autres corps simples.

Les dissolutions alcalines concentrées et bouillantes les détruisent en produisant de nouveaux composés que nous étudierons plus loin sous les noms de protide et d'érytroprotide; il se dégage de l'ammoniaque en abondance, et il se forme de l'acide carbonique et de l'acide formique. Lorsqu'au lieu d'employer les alcalis en dissolution, on les prend à l'état solide, il se forme, sous l'influence d'une température élevée, des cyanures alcalins. Nous verrons comment on peut mettre cette propriété à profit pour la préparation du bleu de Prusse.

Les acides faibles, tels que les acides carbonique, borique, ainsi que la plupart des acides métalliques, sont sans action sur les substances qui nous occupent. Les acides forts s'unissent avec elles ou en opèrent la décomposition.

Parmi ces acides, il en est un dont l'action est remarquable : c'est l'acide chlorhydrique concentré, qui, d'après la remarque de M. Caventou, possède la propriété de dissoudre ces substances azotées qui appartiennent à ce groupe,

Digitized by Google

en développant bientôt une couleur d'un bleu violacé très intense et très riche.

Lorsqu'on met l'acide sulfurique en contact à froid avec les matières de nature albumineuse, on obtient deux combinaisons différentes, suivant que l'acide est concentré ou dilué ; celle qu'on obtient dans le premier cas renferme deux fois plus d'acide sulfurique que l'autre.

Lorsqu'on opère avec de l'acide dilué et qu'on fait intervenir la chaleur, les résultats sont tout différents : une portion de l'azote de la matière organique passe à l'état d'ammoniaque et se combine sous cette forme à l'acide sulfurique ; on obtient en même temps trois produits solides azotés, dont l'un, que M. Braconnot a désigné sous le nom de Leucine, est susceptible de cristalliser ; nous reviendrons en détail sur ces composés.

Lorsqu'on traite la fibrine, l'albumine, la caséine, les muscles, etc., par l'acide azotique, il se forme un corps jaune, insoluble dans l'acide employé. Cet acide avait été désigné par Fourcroy et Vauquelin, qui l'observèrent les premiers, sous le nom d'acide jaune. M. Mulder, qui s'est occupé avec soin de son étude dans ces derniers temps, s'est assuré que l'acide jaune est un produit complexé, dont la partie la plus abondante est constituée par un acide azoté, l'acide *xanthoprotéique*.

PROTÉINE.

4074. C'est sous ce nom que M. Mulder a désigné la partie essentielle des matières albuminoïdes. Associée à différents sels, ainsi qu'à des quantités variables de soufre et de phosphore, la protéine constituerait la caséine, la fibrine, l'albumine, et probablement encore d'autres principes de l'économie animale.

Cette matière existe évidemment dans les végétaux, où tout indique qu'elle prend naissance pour passer dans les animaux. Du moins est-il qu'on peut, au moyen de la fibrine, de l'albumine et de la caséine végétale, qui, comme nous le démontrerons plus tard, sont identiques avec les mêmes produits tirés du règne animal, obtenir une substance qui possède les propriétés et la composition de la protéine.

Cette matière peut s'obtenir pure à l'aide des procédés suivants. On prend de l'albumine, ou de la caséine qu'on

Digitized by Google

traite successivement par l'eau, l'alcool et l'éther, afin de les débarrasser de matières extractives et de graisse. A l'aide de l'acide chlorhydrique dilué, on les dépouille en grande partie des sels terreux. On dissout ensuite la matière ainsi traitée dans une lessive de potasse moyennement concentrée, maintenue à une température d'environ 50°. Il se forme par ce moyen une petite quantité de sulfure de potassium et de phosphate de potasse, aux dépens du soufre et du phosphore existants dans la matière organique. En ajoutant enfin un léger excès d'acide acétique faible à la dissolution alcaline, il se précipite une matière gélatineuse qu'on jette sur un filtre, et qu'on lave aussi longtemps que l'eau qui passe contient encore des traces d'acétate de potasse, ce dont il est facile de s'assurer en évaporant une petite quantité de l'eau de lavage sur une lame de platine.

Par la dessiccation, les flocons précédents se contractent, prennent une couleur d'un jaune grisâtre, et forment une masse dure, cassante et facile à réduire en poudre.

La protéine pure est inodore et insipide ; elle attire assez rapidement l'humidité atmosphérique. Un peu au dessus de 100 degrés, elle perd toute son eau hygrométrique. Chauffée graduellement, elle fond, puis se décompose presque aussitôt, en donnant les produits que fournissent à la distillation les matières azotées neutres elles-mêmes. On obtient pour résidu un charbon poreux, qui, à l'air libre, brûle assez rapidement et sans résidu.

La protéine est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et les huiles volatiles. Par une ébullition prolongée au milieu de l'eau, elle finit par se dissoudre complètement. La protéine se combine tant avec les acides qu'avec les bases. Elle se dissout dans les acides dilués et forme avec eux des combinaisons neutres, insolubles ou peu solubles dans un excès d'acide. Le cyanoferrure jaune et le cyanoferrure rouge, l'acide tannique et les alcalis précipitent la protéine de ses combinaisons avec les acides. Le cyanoferrure de potassium peut être considéré comme un bon réactif pour déceler la présence de la protéine. Dans les solutions alcalines de cette matière, le précipité ne se produit qu'après l'addition d'un acide.

4075. L'acide chlorhydrique concentré à l'air libre, à froid, ou mieux sous l'influence d'une très douce chaleur,

Digitized by Google

dissout la protéine et donne une liqueur d'un beau bleu indigo. Si l'on porte le liquide à l'ébullition, il noircit, laisse déposer une matière noire analogue à l'acide ulmique, et il reste du chlorhydrate d'ammoniaque en dissolution.

L'acide sulfurique concentré, mis en contact avec la protéine, la gonfle et produit une gelée volumineuse. Traitée par l'eau froide, elle se sépare de l'acide sulfurique en excès, et laisse une masse contractée acide, qui devient dure par la dessiccation et ne dissout ni dans l'eau ni dans l'alcool. Cette matière se dissout dans les alcalis et forme des composés que M. Mulder désigne sous le nom de sulfo-protéates ; donnant le nom d'acide sulfo-protéique à la combinaison précédente, qui se représente par la formule :

$$C^{80}H^{60}Az^{10}O^{12}, SO^3.$$

En instillant de l'acide sulfurique dans une dissolution de protéine dans le vinaigre, on obtient un précipité blanc, qui contient moitié moins d'acide. L'acide hydrochlorique se comporte de la même manière. Par l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu, la protéine prend une couleur pourpre.

La protéine est précipitée par le tannin. Le précipité est blanc; il se colore par la dessiccation. Ce composé renferme, d'après M. Mulder, $C^{80}\ H^{60}\ Az^{10}\ O^{12}$, $C^{36}\ H^{16}\ O^{12}$, c'est à dire un atome de protéine et un atome d'acide tannique.

La protéine se combine avec les alcalis en formant des combinaisons solubles; avec les oxydes proprement dits, elle produit des composés qui sont insolubles.

Lorsqu'on traite la protéine par un excès d'hydrate de potasse à une douce chaleur, elle se décompose en dégageant une grande quantité d'ammoniaque. Quand la décomposition est complète, on trouve la potasse combinée aux acides carbonique et formique ; la liqueur renferme trois substances particulières que nous décrirons plus loin.

La protéine possède la composition suivante :

	Mulder, moyenne d'analyses.	Dumas et Cahours, moyenne d'analyses.
Carbone.....	55,2.....	54,94
Hydrogène...	7,0.....	7,10
Azote.....	15,9.....	15,94
Oxygène.....	21,9.....	22,02
	100,0	100,00

Digitized by Google

Tant que son poids atomique n'aura pu être fixé d'une manière rigoureuse, on ne pourra admettre que des formules plus ou moins probables pour représenter sa composition. Cependant, voici celle qui se rapproche le plus des analyses :

$$C^{80}\ H^{60}\ Az^{10}\ O^{12}$$

Cette formule a l'avantage de représenter en même temps la composition de quelques produits dont la protéine fait partie. En formulant la protéine par $C^{96}\ H^{74}\ Az^{12}\ O^{15}$, on représente très bien son analyse aussi, et sa formule demeure comparable à celle du sucre, de l'amidon et de quelques autres composés ternaires élémentaires.

Quand on dirige un courant de chlore dans le blanc d'œuf mêlé d'eau, il se forme bientôt un précipité en flocons blancs, qui se dépose au milieu du liquide éclairci. Ce précipité lavé ne perd pas l'odeur d'acide chloreux qu'il exhale ; mis à l'étuve, il se contracte, laisse exsuder l'eau, et fournit par la dessiccation une matière jaune-paille.

M. Mulder, qui en a fait une étude attentive, pense que le chlore opère dans ce cas la décomposition de l'eau ; qu'il se forme de l'acide chlorhydrique, qui retient en dissolution un peu de matière brune; et de l'acide chloreux, qui se combine avec de la protéine intacte, pour former le précipité blanc. Celui-ci renferme :

Carbone.....	48,8
Hydrogène.....	6,2
Azote.....	14,1
Chlore.....	6,7 à 7,4
Oxygène.....	24,2
	100,0

On peut représenter ces nombres par la formule $C^{80}\ H^{60}\ Az^{10}\ Ch^{2}\ O^{15}$, qui se dédouble en un atome de protéine et un atome d'acide chloreux.

Quoi qu'il en soit de sa nature, ce composé est jaune-paille, gras au toucher, insoluble dans l'eau. Il se dissout dans les acides sulfurique, nitrique et hydrochlorique concentrés, sans les colorer.

Il se dissout dans l'eau de baryte.

Avec l'ammoniaque, il donne un dégagement d'azote. La dissolution, évaporée à sec, reprise par l'eau bouillante

Digitized by Google

et précipitée par l'alcool, donne une poudre jaune, floconneuse, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et dans l'éther. La solution aqueuse est précipitée par l'acide sulfurique, le nitrate d'argent, l'acétate de plomb, le perchlorure de fer, l'acétate de cuivre.

Ce composé, qui ne renferme plus de chlore, paraît avoir pour formule C^{60} H^{60} Az^{10} O^{15}.

L'action du chlore donne exactement les mêmes résultats, soit qu'on agisse sur la protéine du blanc d'œuf, soit qu'on opère sur la caséine du lait ou la fibrine du sang.

FIBRINE.

4076. On désigne sous ce nom l'un des matériaux solides du sang, celui qui détermine sa coagulation.

La fibrine s'obtient sans difficulté, en fouettant le sang avec un balai à la sortie des vaisseaux. Bientôt, elle s'attache aux brins du balai, sous la forme de filaments amorphes et fibreux, tandis que le sang demeure désormais incoagulable. Détachée du balai, la fibrine se montre colorée en rouge; mais si on la soumet à des lavages à grande eau, elle reste bientôt incolore ou grisâtre, sa couleur étant due à du sang interposé.

Vient-on à laisser le sang livré à lui-même, au sortir de la veine, il se coagule spontanément. Alors, la fibrine qui forme ce coagulum emprisonne dans ses mailles tous les globules du sang. Mais, en coupant le caillot en tranches minces, qu'on place sur un tamis et qu'on soumet à d'abondants lavages, en laissant tomber un filet d'eau sur elles, les globules sont détruits ou entraînés peu à peu, tandis que la fibrine reste intacte sur le tamis.

Ainsi préparée, la fibrine retient de l'eau, des matières grasses et des sels. Par la dessiccation à 120 ou 140°, on peut lui enlever son eau. L'alcool ou l'éther bouillants s'emparent des matières grasses qu'elle renferme. Les acides faibles la débarrassent d'une partie des sels qu'elle contient.

La fibrine, après avoir été débarrassée par l'alcool ou l'éther de la graisse qu'elle retient toujours après sa macération dans l'eau, perd par la dessiccation environ les trois quarts de son poids. Elle devient aussi un peu jaunâtre, dure et cassante, mais n'acquiert de transparence que lorsque la graisse en a été complètement extraite. Elle

Digitized by Google

se ramollit dans l'eau, qui lui rend son apparence première et presque son poids. Elle n'a ni odeur, ni saveur.

La chaleur ne l'altère qu'autant qu'elle commence à se décomposer; alors elle entre en fusion, se gonfle beaucoup, prend feu et brûle avec une flamme brillante et fuligineuse, en laissant un charbon poreux et brillant. A la distillation sèche, elle donne les produits ordinaires de la distillation des matières organiques azotées. Le charbon brûle avec difficulté et se réduit en une cendre d'un gris blanchâtre, qui fait environ deux tiers ou un pour cent du poids de la fibrine sèche. Cette cendre n'est ni acide, ni alcaline; elle laisse des traces de silice, après avoir été dissoute dans l'acide hydrochlorique. Elle est composée principalement de phosphate de chaux, d'un peu de phosphate de magnésie, et d'une très faible trace de fer. La cendre n'est même jamais ferrugineuse, quand la fibrine a été bien purifiée. Avant la combustion, les principes constituants de la cendre ne sont pas extraits par les acides, comme s'ils appartenaient à la composition chimique de la fibrine.

La fibrine est insoluble, tant dans l'eau froide que dans l'eau chaude. Une ébullition prolongée avec de l'eau la contracte, la durcit et finit par la rendre friable. Pendant qu'elle subit cette altération, l'eau qui distille possède l'odeur et les propriétés d'une dissolution ammoniacale.

Le liquide qui reste dans la cornue devient légèrement opalin et retient en dissolution une substance nouvelle qui s'est formée aux dépens de la fibrine. Si l'on évapore la dissolution filtrée, elle laisse une masse solide, cassante, d'un jaune pâle, douée de l'odeur du bouillon de viande et susceptible de se redissoudre dans l'eau. Elle ne se prend en gelée à aucun degré de concentration, et l'infusion de noix de galle la précipite en flocons isolés, qui, par la chaleur, ne se réunissent point en une masse élastique, comme le précipité obtenu par la gélatine et l'infusion de noix de galle. La matière soluble, sapide, dans laquelle la fibrine se convertit en partie par l'ébullition, n'est donc point de la gélatine. Par sa composition, elle en diffère en effet d'une manière très notable et se rapproche plutôt de la chondrine. La portion de la fibrine qui reste sans se dissoudre a perdu tous les caractères de cette substance : elle ne se prend plus en gelée par

Digitized by Google

les acides ou les alcalis, et elle ne se dissout plus dans le vinaigre ou dans l'ammoniaque caustique; elle possède exactement la composition et les propriétés de l'albumine coagulée.

Cette expérience établit une ligne de démarcation fort tranchée entre la fibrine et l'albumine ou la caséine. En effet, ces deux dernières matières ne se dédoublent pas de la sorte par l'ébullition avec de l'eau. Il ne faut pas perdre de vue cette remarque dans ce qui va suivre; car la fibrine peut agir dans beaucoup de cas en masse, et dans certaines circonstances, au contraire, elle donne naissance à des phénomènes ou à des produits qui appartiennent à la protéine qu'elle renferme et qu'elle peut abandonner. Comme la fibrine peut fournir ainsi près de 80 p. 0/0 de protéine, une expérience superficielle est loin de suffire pour apprendre si le phénomène observé se rapporte à la fibrine en masse ou à la protéine qui en dérive.

4077. L'eau oxygénée est bientôt décomposée par la fibrine encore humide; celle-ci dégage du gaz oxygène et convertit le peroxyde d'hydrogène en eau, sans pour cela changer elle-même de composition. Si la quantité de fibrine qu'on introduit dans le liquide est très grande, l'action s'exerce avec dégagement de chaleur. Cette action n'est point particulière à la fibrine libre; elle est produite, à un plus ou moins haut degré, par un grand nombre de tissus organiques. Les autres matières azotées neutres ne l'exercent pas, du moins dans leur état libre.

Si l'on verse des acides minéraux ou même organiques, pourvu qu'ils soient puissants et concentrés sur cette substance, elle se gonfle, devient gélatineuse et transparente. L'acide nitrique fait exception.

L'acide sulfurique concentré étant mis en contact avec la fibrine sèche, elle se gonfle et prend l'aspect d'une gelée jaune qui ne se dissout pas dans l'acide en excès. L'opération est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui, lorsqu'on opère sur une quantité trop considérable, détermine la décomposition mutuelle des deux corps; il se développe de l'acide sulfureux, et la masse se colore en noir. A froid, l'acide et la fibrine ne se décomposent pas. Si l'on délaye la masse gélatineuse acide dans de l'eau, la gelée se réduit instantanément à un volume inférieur à celui que

Digitized by Google

possédait la fibrine avant qu'elle eût été pénétrée d'acide.

Si l'on verse sur de la fibrine fraîche de l'acide sulfurique étendu de cinq à six fois son poids d'eau, elle se contracte et donne une combinaison d'acide sulfurique et de fibrine. L'acide sulfurique étendu ne dissout pas la fibrine ; il retient seulement en dissolution une substance qui, après la saturation de l'acide, n'est précipitée ni par les alcalis ni par le prussioferrate de potasse, mais qui l'est par la teinture de noix de galle. La potasse caustique en dégage de l'ammoniaque. Ces réactions indiquent que l'acide s'est chargé d'une matière analogue à celle qui est produite par l'ébullition de la fibrine dans l'eau. La fibrine contractée à froid par l'acide sulfurique étendu, étant lavée avec de l'eau, devient peu à peu transparente, se gonfle de manière à produire une gelée, et se dissout complètement dans une nouvelle quantité d'eau. Lorsqu'on verse de l'acide sulfurique étendu dans la dissolution, la fibrine se précipite.

4078. L'acide nitrique s'unit à la fibrine, qu'il contracte et qu'il teint en jaune. A froid, et quand il est étendu d'eau, il forme avec elle deux combinaisons. Mais, si l'on fait digérer ensemble l'acide nitrique et la fibrine, il se dégage continuellement du gaz azote ; l'acide devient jaune, et la fibrine se convertit en une masse de couleur citrine, qui par le lavage passe au jaune orangé, sans se dissoudre. Le principal produit de cette réaction est l'acide *xanthoprotéique*. On ne l'obtient à l'état de pureté parfaite qu'en le faisant bouillir d'abord avec de l'eau, et ensuite avec de l'alcool, afin de le priver entièrement de matière grasse.

L'acide pur est jaune orangé, pulvérulent, inodore et insipide ; néanmoins, il rougit le papier de tournesol humide. Par la distillation, il se décompose en donnant des produits ammoniacaux, une huile fétide, et laisse un charbon facile à incinérer. L'eau froide ne le dissout pas. L'eau bouillante en dissout un peu qu'elle abandonne par le refroidissement.

L'acide xanthoprotéique paraît se combiner aux acides. Il forme, avec les alcalis, des sels rouges foncés, solubles, d'où on le précipite sans altération, par un acide minéral quelconque. Par l'ébullition avec un excès de potasse, il se décompose entièrement en donnant des produits qui n'ont pas été examinés.

Digitized by Google

D'après M. Mulder, l'acide libre renferme :

C^{68}.....	2597,6.....	51,65
H^{52}.....	325,0.....	6,45
Az^{8}.....	708,0.....	14,07
O^{14}.....	1400,0.....	27,83
	5030,6	100,00

L'analyse des sels de baryte et de plomb séchés à 130° a fourni à ce chimiste des résultats qui l'ont conduit à admettre les formules suivantes pour la composition de ces sels :

$$C^{68}\ H^{50}\ Az^{8}\ O^{12},\ BaO.$$
$$C^{68}\ H^{48}\ Az^{8}\ O^{12},\ PbO.$$

L'acide libre contiendrait deux atomes d'eau.

Les xanthoprotéates neutres sont jaunes orangés ; ceux qui contiennent un excès d'acide sont plus ou moins rouges. Les sels solubles se préparent directement au moyen de l'acide et des bases. Les sels insolubles s'obtiennent par double décomposition. Aucun de ces sels n'est susceptible de cristalliser.

4079. L'acide phosphorique, à un atome d'eau, exerce sur la fibrine une action exactement semblable à celle de l'acide sulfurique. Dans l'acide phosphorique à trois atomes d'eau, la fibrine se gonfle, de manière à prendre l'aspect d'une gelée ; mais celle-ci est soluble dans l'eau, sans qu'un excès d'acide la précipite ou diminue sa solubilité.

L'acide acétique concentré imbibe la fibrine sur-le-champ et la convertit en une gelée incolore, qui se dissout aisément dans l'eau chaude, surtout s'il s'agit de la fibrine d'un jeune animal, car on observe à cet égard une différence essentielle entre la fibrine du veau et celle du bœuf. Lorsqu'on évapore la dissolution à une douce chaleur, elle se couvre d'une pellicule et prend ensuite l'aspect d'une gelée, qui, en se desséchant, perd la plus grande partie de l'acide acétique ; la fibrine reste opaque, insoluble dans l'eau, tant froide que chaude. Si l'on mêle une dissolution de fibrine dans l'acide acétique avec un autre acide, on voit naître un précipité, formé par l'union du nouvel acide avec la fibrine. Verse-t-on, au contraire, un alcali caustique dans la dissolution, la fibrine se précipite d'abord, mais elle se redissout ensuite quand on ajoute

Digitized by Google

un excès du réactif employé pour effectuer sa précipitation.

L'acide hydrochlorique concentré gonfle la fibrine sèche, en peu d'instants; elle prend la forme d'une gelée qui se résout peu à peu en un liquide d'un bleu foncé. Il ne se dégage aucun gaz. Si l'on étend d'eau la liqueur bleue, il s'y forme un précipité blanc, combinaison de fibrine et d'acide hydrochlorique. Celle-ci se prend en gelée après qu'on lui a enlevé son excès d'acide par le lavage, se dissout ensuite dans l'eau, et se précipite de la liqueur, quand on y ajoute de l'acide hydrochlorique. La liqueur acide bleue, précipitée par l'eau, conserve sa couleur, après qu'on en a séparé le précipité par la filtration. Elle ne précipite plus par l'addition de nouvelles quantités d'eau. Quand on sature l'acide au moyen de l'ammoniaque, la couleur disparaît, et si l'on ajoute de l'alcali en excès, le liquide ne prend qu'une teinte jaune.

4080. Les phénomènes sont tout différents lorsqu'on fait agir l'acide très-étendu sur la fibrine humide.

En effet, si, d'après MM. Bouchardat et Sandras, on prend, soit de la fibrine obtenue par le battage du sang, soit un morceau d'un muscle, et qu'on les place dans dix fois leur poids d'une liqueur contenant $0^{s},634$ d'acide chlorhydrique pour un litre d'eau, on observe qu'après environ douze heures de contact à la température ordinaire, la fibrine se gonfle, se distend et se prend en gelée. Si la gelée est étendue d'eau distillée, puis jetée sur un filtre, il passe un liquide présentant l'analogie la plus complète avec le liquide provenant de la digestion de la fibrine. Le premier, comme le second, se coagule par la chaleur, précipite également par le prussiate de potasse, et, chose qui paraît paradoxale, il précipite également par l'acide chlorhydrique, et le précipité ne se dissout que dans un excès de cet acide.

Il semblerait donc démontré, par ces expériences, que l'agent de dissolution de la fibrine, dans la digestion, est l'acide chlorhydrique. Et c'est, en effet, ce qu'avaient admis MM. Bouchardat et Sandras; mais des recherches plus récentes, dues au docteur Blondlot, nous ont appris que le suc gastrique ne contient pas toujours de l'acide chlorhydrique libre, que la matière acide qu'il renferme

Digitized by Google

est quelquefois du biphosphate de chaux, et que le phénomène de la digestion ne s'accomplit dans l'estomac qu'à la faveur d'une substance azotée de nature particulière, analogue à la diastase, et qui semble agir à la manière des ferments. Cette substance, qui vient d'être isolée tout récemment par M. Payen et à laquelle ce chimiste a donné le nom de Gasterase, peut, en effet, à très-faible dose, dissoudre des quantités considérables d'aliments de nature fibrineuse.

Je rapporterai, à cette occasion, le résultat de quelques expériences que nous avons faites, M. Cahours et moi, sur l'action dissolvante que des acides de nature diverse et très affaiblis peuvent exercer sur la fibrine. Nous avons reconnu que de l'eau tenant en dissolution un millième d'acide chlorhydrique et bromhydrique avait la propriété de gonfler la fibrine, même lorsqu'elle était restée longtemps en contact avec l'alcool ou lorsqu'elle avait été complètement séchée, et de la transformer en une gelée volumineuse et transparente, mais sans opérer sa dissolution. Dans l'espace de quarante-huit heures, rien ne s'est dissous, mais si on ajoute à la liqueur chlorhydrique quelques gouttes de suc gastrique, on voit la fibrine disparaître complètement dans l'espace de deux à trois heures au plus, la température étant de 14 à 15°. Si la température est portée à 35 à 36°, la dissolution s'effectue d'une manière bien plus rapide. La présure produit le même effet.

L'eau, contenant un millième de son poids d'acide acétique, gonfle la fibrine et lui communique bien quelque transparence, mais elle agit beaucoup plus lentement que les acides précédents. Pour opérer la dissolution de la fibrine, il faut encore ajouter quelques gouttes de suc gastrique; mais il faut au moins trente à quarante heures pour que la dissolution soit complète.

L'acide phosphorique, à trois équivalents d'eau, se comporte d'une manière analogue, quand il est très dilué.

L'acide sulfurique, au contraire, paraît n'exercer aucune action.

Le liquide qui contient la fibrine ainsi modifiée donne, par l'évaporation, une substance d'un blanc jaunâtre, ayant l'apparence d'une gomme, soluble dans l'eau froide, non coagulable par la chaleur; elle est précipitée de sa dissolution aqueuse par les acides nitrique, phosphorique,

Digitized by Google

sulfurique, chlorhydrique, etc., ainsi que par l'alun et l'acide tannique.

Chose assez remarquable, cette substance, séchée à 120° dans le vide sec, donne à l'analyse des nombres qui sembleraient indiquer qu'elle dérive de la protéine, radical de toutes ces matières, qui aurait fixé une certaine quantité d'hydrogène et d'oxygène dans les proportions nécessaires pour former de l'eau.

Il faut donc admettre que la fibrine, sous ces diverses influences, se sépare en ammoniaque et en protéine. Le premier sature les acides; la protéine s'empare des éléments de l'eau.

La fibrine se combine par voie de double décomposition avec les deux acides prussioferriqués. Si l'on mêle une dissolution de fibrine dans l'acide acétique avec une dissolution de prussioferrate de potasse jaune, il se forme un précipité blanc, qui se redissout d'abord, mais qui bientôt après devient permanent.

Les acides étendus ne le dissolvent pas; mais les alcalis, et même l'ammoniaque le décomposent. Ils se combinent avec l'acide prussioferrique, et la fibrine, qui prend d'abord la forme de gelée, se dissout ensuite.

La dissolution de fibrine dans le vinaigre donne, avec une dissolution de prussioferrate rouge de potasse, un précipité citrin, qui disparaît dans les premiers moments, et qui est beaucoup plus soluble dans l'eau que le précédent.

4081. La fibrine se dissout dans la potasse caustique, même quand cet alcali est très étendu. Elle se gonfle considérablement d'abord et prend l'aspect d'une gelée qui, à une température de 50 à 60°, se dissout, peu à peu, en produisant une liqueur jaunâtre, un peu trouble, qui s'éclaircit par la filtration. Un acide, tel que l'acide acétique ou hydrochlorique, dégage de la liqueur, surtout quand elle est chaude, de l'acide sulfhydrique. La liqueur alcaline étant mise dans un vase d'argent, ce dernier ne tarde pas à noircir, par la formation d'une légère couche de sulfure d'argent. La fibrine peut saturer l'alcali assez complètement pour faire perdre à la liqueur toute réaction alcaline; il suffit qu'on ait saturé l'excès d'alcali avec l'acide acétique et ajouté assez de celui-ci pour qu'une partie de la fibrine se précipite. La potasse n'entre qu'en très faible proportion dans le composé. Cette combinaison possède quel-

Digitized by Google

ques unes des propriétés de l'albumine liquide; elle se convertit, par la dessiccation, en une masse jaune-pâle transparente, fendillée, qu'on peut conserver longtemps sans qu'elle s'altère. Au contact de l'eau, elle se gonfle et se convertit en gelée, puis elle se dissout si on ajoute une plus grande quantité d'eau et qu'on chauffe. La dissolution est précipitée par les acides. Le précipité, formé par l'acide acétique dans la dissolution précédente, présente sensiblement la même composition que la fibrine. Cette matière ne semble donc pas avoir éprouvé d'altération dans ces circonstances. Le précipité est redissous par l'acide acétique et par l'acide phosphorique à trois atomes d'eau.

Lorsqu'on traite la fibrine par la potasse caustique concentrée, et qu'on fait digérer le tout à une douce chaleur, il se dégage un peu d'ammoniaque, et la fibrine se transforme en protéine qui reste unie à l'alcali. Les acides précipitent de cette dissolution la protéine, qui n'est plus susceptible de se prendre en gelée avec l'acide acétique, ni de se dissoudre dans cet acide.

L'ammoniaque caustique se comporte avec la fibrine de la même manière que la potasse, d'après Berzélius, mais l'action est bien lente, et la décomposition de la matière à peine sensible.

4082. Le nitrate de potasse et le sulfate de soude, ajoutés en certaine quantité dans le sang pendant qu'il coule du corps de l'animal, l'empêchent de se coaguler. Suivant Arnold, la fibrine encore humide se dissout dans une dissolution concentrée de sel ammoniac.

Ces propriétés ont fait naître, dans ces dernières années, une discussion pleine d'intérêt. M. Berzélius avait annoncé depuis longtemps que les matières albumineuses devaient être considérées comme ayant la même composition, et comme étant probablement isomériques. Cette identité de l'albumine, de la fibrine et de la caséine était déjà regardée, en effet, comme très vraisemblable, quand M. Denis fit connaître quelques expériences propres à la mettre hors de doute.

D'après M. Denis, la fibrine dissoute par l'eau, chargée de quelques sels neutres, reproduit un liquide doué de toutes les propriétés de l'albumine liquide. Seulement, pour réus-

Digitized by Google

sir à en opérer la dissolution, il faut opérer sur de la fibrine extraite du sang veineux et provenant de sa coagulation spontanée. Le coagulum, coupé en tranches minces et lavé jusqu'à complet épuisement de la fibrine, se dissout facilement et en entier dans les dissolutions salines. Au contraire, la fibrine obtenue par le battage, et surtout celle qui provient du sang artériel, se dissolvent très imparfaitement, ou même pas du tout.

La liqueur propre à opérer cette dissolution doit être composée de la manière suivante :

Fibrine humide....	150
Nitre	50
Soude.....	3
Eau	300

Faites digérer à 36 ou 40 degrés.

On obtient ainsi une liqueur coagulable par la chaleur, à la manière de l'albumine liquide.

Il est de toute évidence que si l'on peut extraire de la fibrine une très grande quantité d'albumine ou de protéine, rien n'empêche cette protéine de prendre la forme de l'albumine liquide dans une dissolution de sels neutres. L'expérience de M. Denis n'en aurait pas moins d'importance aux yeux du physiologiste.

Mais elle ne démontre pas l'identité absolue de la fibrine et de l'albumine, identité que la composition de ces deux corps et leurs propriétés ne permettent pas d'admettre.

Si l'on mêle de la fibrine, dissoute dans la potasse, avec des dissolutions de sels métalliques, elle se coagule; le précipité est une combinaison de fibrine avec l'oxyde métallique, et en même temps avec une certaine quantité de sel, lorsque celui-ci a été mis en excès. Quelques-uns de ces précipités sont dissous par la potasse caustique. Si l'on précipite une dissolution neutre de fibrine dans la potasse, par une dissolution de bichlorure de mercure en excès, il se produit un précipité gélatineux, de couleur faiblement grisâtre, qui, après avoir été lavé et séché, devient transparent et ne présente aucune ressemblance avec la combinaison de fibrine et de chlorure de mercure.

Parmi les substances végétales, le tannin s'unit à la fibrine, qu'il précipite de ses dissolutions saturées, tant dans les acides que dans les alcalis; lorsqu'on le met en contact avec de la fibrine humide, il se combine avec elle,

Digitized by Google

et de là résulte une masse dure, solide, qui est à l'abri de la putréfaction.

4083. La composition de la fibrine a été, dans ces dernières années, le sujet de recherches d'un grand nombre d'observateurs. Les résultats obtenus par les différents chimistes qui ont exécuté cette analyse peuvent s'exprimer en peu de mots. D'après MM. Mulder et Liébig, la fibrine serait absolument semblable à la caséine ou à l'albumine, quant à sa composition élémentaire. D'après M. Cahours et moi, elle renferme, au contraire, un peu plus d'azote et un peu moins de carbone. Voici nos analyses :

FIBRINE.	DE SANG de mouton.	DE SANG de veau.	DE SANG de bœuf.	DE SANG de cheval.	DE SANG de chien.	De sang de chien nourri pendant deux mois et demi avec de la viande.	De sang de chien nourri pendant deux mois et demi avec du pain.	DE SANG d'homme
Carbone. . .	52,8	52.5	52,7	52,67	52,74	52,77	52,57	52,78
Hydrogène .	7,0	7,0	7,0	7,00	6,92	6,95	7,07	6,96
Azote. . . .	16,5	16,5	16,6	16,63	16,72	16,51	16,55	16,78
Oxygène. . .	23,7	24,0	23,7	23,70	23,62	23,77	23,81	23,48
	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

M. Mulder a trouvé, en outre, dans cette substance 0,36 pour 0/0 de soufre, et 0,33 pour 0/0 de phosphore.

4084. Si nous revenons maintenant sur l'ensemble des propriétés de la fibrine, il demeure évident qu'aucune d'elles ne nous donne le moyen d'expliquer l'état sous lequel elle existe dans le sang. La fibrine n'a pu être ramenée à cet état par aucun procédé, jusqu'à présent. En effet, le sang renferme de la fibrine liquide et coagulable spontanément. Tout porte à penser que cette fibrine du sang n'y est pas en dissolution, mais qu'elle s'y trouve seulement dans un état de division extrême, qui se maintient tant que le liquide est en mouvement, mais qui, dans le liquide en repos, cesse presque tout à coup, par suite de la disposition qu'ont les particules de fibrine à se réunir en un réseau fibreux ou membraneux.

Le nitre, le sulfate de soude, etc., ajoutés au sang, retardent ou empêchent sa coagulation, par la même raison qu'ils sont propres à liquéfier la fibrine. Mais cette

Digitized by Google

action paraît être accompagnée d'une destruction de la fibrine et d'un partage de ses éléments, qui la transformerait en protéine, chondrine et ammoniaque.

Une autre question se présente, et elle est fort sérieuse.

D'où dérive la fibrine? Comment se forme-t-elle? Sans aucun doute, elle dérive de la protéine, et elle se forme par une oxydation partielle de ce produit. En effet, on peut facilement se convaincre que la fibrine se représente par de la protéine, unie à un corps qui pourrait en dériver par une combustion partielle. Le calcul suivant ne laisse aucun doute à ce sujet.

Si on prend quatre atomes de protéine, représentés par

$C^{384}\ H^{296}\ Az^{48}\ O^{60}$ = 4 at. de protéine;

qu'on brûle $C^{18}\ H^{8}$

---

reste..... $C^{366}\ H^{288}\ Az^{48}\ O^{60}$ = fibrine.

Otant.... $H^{8}\ Az^{8}$, qui, avec H^{4} = ammoniaque,

ajoutant... O^{2}, provenant de l'eau,

---

on a..... $C^{366}\ H^{286}\ Az^{46}\ O^{62}$

Retranchant $C^{288}\ H^{232}\ Az^{36}\ O^{45}$ = 3 at. protéine,

---

reste..... $C^{78}\ H^{54}\ Az^{10}\ O^{17}$ chondrine.

Ainsi, par une combustion partielle, la protéine peut fournir de la fibrine, qui, à son tour, sous l'influence de l'eau bouillante ou des forces digestives, pourra se convertir en ammoniaque, protéine et chondrine.

Bien entendu qu'en présentant ces formules, je n'ai pas eu l'intention de les donner comme absolues, mais seulement comme propres à représenter le sens des phénomènes.

Si cette manière de caractériser la fibrine était confirmée par des recherches ultérieures, dans son sens général, on ne serait plus surpris de voir la fibrine se présenter dans beaucoup de circonstances à côté de l'albumine.

En effet, la fibrine se trouve non seulement dans le sang, mais aussi dans la chair des animaux. Je l'ai signalée dans le gluten des céréales. Vauquelin l'avait vue dans le suc laiteux du carica papaya, et M. Boussingault dans le lait de l'arbre de la vache.

Tous ces produits, renfermant en même temps de l'al-

Digitized by Google

bumine, et étant d'ailleurs le siége d'une combustion plus ou moins active, la fibrine peut y prendre naissance par des combustions lentes et partielles de la protéine.

ALBUMINE.

4085. L'albumine est de la protéine unie d'une manière encore fort obscure à quelques traces de soufre et de phosphore. Sa composition et ses propriétés sont donc fort analogues à celle de la protéine.

On connaît l'albumine sous deux formes bien distinctes: liquide et miscible à l'eau en toutes proportions, telle qu'on la trouve dans le sang, le blanc d'œuf, etc.; solide et tout à fait insoluble, telle qu'on l'observe dans le blanc d'œuf cuit et dans le sang coagulé par la chaleur.

On a souvent confondu l'albumine cuite ou coagulée avec la fibrine; mais cette confusion ne peut pas durer longtemps, si on essaie la matière par l'eau bouillante, qui est réellement sans action sur l'albumine.

A l'état de dissolution, elle se trouve dans le sérum du sang, mêlée avec des sels de soude contenant un excès de base qu'on suppose former avec elle une sorte de composé salin; cependant, elle n'est pas tenue en dissolution par cette soude seulement, car on peut saturer exactement l'alcali au moyen de l'acide acétique, sans que l'albumine se précipite ou devienne insoluble; la liqueur se trouble à la vérité, mais très-faiblement.

On confond ordinairement l'albumine du sérum du sang avec le blanc d'œuf. Ces deux substances sont-elles identiques et se confondent-elles avec l'albumine qu'on rencontre dans les plantes? C'est ce qu'il est difficile de décider d'une manière absolue; cependant, il existe entre elles, d'après quelques chimistes, des différences prononcées. Ainsi, par exemple, l'éther et l'huile de térébenthine coagulent le blanc d'œuf d'après M. Chevreul, tandis que, suivant MM. Gmelin et Tiedemann, ils ne produisent rien de semblable avec le sérum du sang.

Lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur une dissolution concentrée d'albumine, on observe que de 63 à 65° elle devient opaline; à 75° la coagulation est complète et l'albumine présente la dureté du blanc d'œuf cuit. Ce phénomène a lieu, qu'on opère dans des vases ouverts ou fermés; d'où il faut conclure avec M. Chevreul

Digitized by Google

que le blanc d'œuf coagulé retient la même quantité d'eau que le blanc d'œuf ordinaire.

M. L. Gmelin a observé le premier, et M. Wœhler a constaté plus récemment, que lorsqu'on place de l'albumine cuite avec de l'eau dans un tube de verre très résistant, fermé à la lampe, qu'on porte ce tube à 150°, en élevant graduellement la température, l'albumine finit par se dissoudre et forme un liquide qui ne possède plus la propriété de se coaguler.

Lorsqu'au lieu d'employer une dissolution concentrée d'albumine, on prend au contraire une liqueur étendue, et qu'on la chauffe à 75°, la coagulation, bien qu'elle soit réelle, ne paraît pas s'opérer. Pour qu'elle devienne sensible, il faut porter le liquide à l'ébullition et le maintenir à cette température pendant quelque temps. Quoique plus pesante que l'eau, l'albumine vient, dans ce cas, se réunir à la surface sous forme d'écume, rendue spécifiquement plus légère par les bulles d'air qui se dégagent du liquide, et qu'elle ramasse en se solidifiant. C'est par la formation de ce réseau d'albumine solide, filtre mobile, qui s'élève de tous les points du liquide à sa surface, qu'on s'explique l'emploi des matières albumineuses pour la clarification de certains liquides.

D'après Bostock, un mélange d'une partie d'albumine et de dix parties d'eau ne se coagule pas, mais devient laiteux ; et un mélange d'une partie d'albumine et de mille parties d'eau prend encore une teinte opaline bien prononcée par l'ébullition.

4086. L'alcool mêlé avec l'albumine la coagule, et le caillot se trouve absolument dans le même état que celui qui provient de l'ébullition. L'éther et l'huile de térébenthine produisent le même effet, mais avec plus de lenteur.

Le chlore précipite l'albumine sous la forme d'un composé blanc insoluble, contenant de la protéine et les éléments de l'acide chloreux. Le brôme se comporte de la même manière.

Les acides forment en général avec l'albumine des combinaisons insolubles. Les acides phosphorique monohydraté, nitrique et sulfurique se placent au premier rang. L'acide nitrique étendu forme avec l'albumine un précipité tellement insoluble, qu'il permet de reconnaître des traces de cette substance.

Digitized by Google

Si, au lieu de prendre de l'acide nitrique ordinaire, on emploie de l'acide au maximum de concentration et de l'albumine sèche, elle est détruite avec formation d'un corps jaune qui renferme sans doute de l'acide xantho-protéique.

L'acide phosphorique à un seul équivalent d'eau forme un abondant précipité dans la dissolution d'albumine. L'acide trihydraté n'en forme pas au contraire, et peut même redissoudre le précipité produit par l'acide phosphorique monohydraté.

L'acide sulfurique étendu forme avec l'albumine un abondant précipité floconneux; si l'on fait usage d'un excès d'acide concentré, la chaleur qui se développe par le contact de l'acide et de l'eau suffit pour coaguler l'albumine.

L'acide acétique à un certain degré de concentration produit avec l'albumine un composé gélatineux qui se dissout quand la liqueur contient un excès d'acide; ce composé est également soluble dans l'eau.

L'acide chlorhydrique étendu forme également un précipité dans les dissolutions albumineuses; mais ce réactif est bien moins sensible que les acides nitrique et phosphorique monohydraté. Concentré, cet acide dissout l'albumine à l'aide d'une douce chaleur en donnant, comme avec toutes les matières qui contiennent le radical protéique, une liqueur d'un beau bleu violacé.

Les bases agissent de différentes manières sur l'albumine, suivant leur concentration et la température.

Si l'on met une dissolution concentrée d'albumine en contact à froid avec une dissolution également concentrée de potasse ou de soude, il se forme une combinaison qui se prend en masse tremblante tout d'un coup et qui présente l'aspect d'une gelée. Si l'on étend la masse d'eau, elle se dissout, et si on l'évapore à une douce chaleur, on voit se former à la surface du liquide des pellicules analogues à celles qui se produisent à la surface du lait. Si on chauffe des dissolutions concentrées d'albumine et de potasse, il se dégage de l'ammoniaque en abondance, et l'on obtient à l'état de combinaison avec la potasse des produits de nature acide, qui n'ont pas été suffisamment examinés.

Le baryte, la strontiane, la chaux, forment avec l'albumine des composés insolubles qui durcissent par la dessic-

Digitized by Google

cation ; cette propriété est mise à profit dans les laboratoires pour la fabrication de certains luts qui s'obtiennent par un mélange convenable de blanc d'œuf et de chaux éteinte. La pâte liquide ainsi obtenue, appliquée avec des bandelettes de linge, prend avec le temps la dureté de la pierre.

Il nous sera facile de rattacher aux faits qui précèdent le phénomène qui se produit, lorsqu'on fait agir la pile sur le blanc d'œuf qui contient une quantité notable de sel marin. Celui-ci est décomposé par le courant galvanique. L'albumine se coagule au pôle positif, accompagnée d'acide chlorhydrique avec lequel elle forme une combinaison. La soude se réunit à son tour au pôle positif, et produit cette matière gélatineuse transparente dont nous avons signalé la formation par le contact de l'albumine et des alcalis concentrés.

4087. Lorsqu'on mêle le sérum du sang avec de petites quantités de sels métalliques, et qu'on ajoute ensuite un peu plus de potasse caustique qu'il n'en faut pour décomposer le sel, l'oxyde ne se précipite pas, mais forme une combinaison soluble avec l'albumine. Cette combinaison est d'un jaune pâle avec le peroxyde de fer, d'un bleu vert avec le protoxyde, d'un beau violet avec l'oxyde de cuivre, et sans couleur avec les deux oxydes de mercure. Si on chauffe ces dissolutions, l'albumine entraîne, en se coagulant, l'oxyde métallique qui colore le caillot quand l'hydrate de l'oxyde est lui-même coloré. C'est à cette circonstance qu'on doit attribuer l'absorption des sels ou des oxydes métalliques par le canal intestinal ou la peau ; ceux-ci sont ensuite charriés à l'état de dissolution dans le sérum du sang, pour être ensuite éliminés avec les excrétions. C'est ainsi, par exemple, qu'après l'usage des préparations mercurielles on trouve de l'oxyde de mercure dissous dans les liquides de l'économie. Il est en général difficile de séparer les oxydes métalliques de ces combinaisons, autrement qu'en détruisant la matière animale par la distillation sèche ou la combustion.

Parmi les propriétés de l'albumine, il faut citer d'une manière expresse, à cause du parti qu'on en pourra tirer par la suite, celle dont jouit ce corps dans ses rapports avec l'oxyde de cuivre et la potasse. Elle forme un véritable sel double, soluble, d'un beau violet, qui résiste à

Digitized by Google

l'évaporation; en mêlant de l'albumine et de l'oxyde de cuivre hydraté, il suffit d'ajouter de la potasse pour que la dissolution violette se produise à l'instant. Il est évident que c'est de l'analyse exacte d'un tel composé qu'on peut le mieux déduire le véritable équivalent de l'albumine: il ne l'est pas moins que d'autres offriront la même propriété, quand on poursuivra cette étude.

En mêlant du sérum ou de l'albumine avec des dissolutions concentrées de sels terreux ou métalliques, ces liqueurs se coagulent, et le caillot contient à la fois l'acide et la base.

Les dissolutions de sulfate de fer et de sulfate de cuivre précipitent une dissolution même très étendue d'albumine; mais le précipité se redissout dans un excès de réactif. Les sels solubles d'étain, de plomb, de bismuth, d'argent et de mercure, donnent avec l'albumine des précipités blancs; le sous-acétate de plomb précipite jusqu'aux moindres traces de cette substance. La plus remarquable de toutes ces combinaisons est celle que l'albumine forme avec le bichlorure de mercure. On sait que l'albumine est le meilleur antidote du sublimé corrosif, qui trouble sensiblement encore une liqueur qui ne contient que deux millièmes d'albumine en dissolution. Le précipité qui se forme est une combinaison d'albumine avec le chlorure employé.

Suivant M. Orfila, cette combinaison contiendrait du protochlorure de mercure, parce qu'elle noircit par la potasse caustique qui extrait l'albumine en laissant du protoxyde de mercure. Mais il résulte de recherches plus récentes dues à M. Lassaigne, que le composé précédent est formé d'albumine et de bichlorure de mercure. Ce composé se dissout facilement dans l'eau salée, d'où il suit que dans le traitement de l'empoisonnement par le sublimé corrosif au moyen du blanc d'œuf délayé dans l'eau, il faut provoquer le vomissement le plus tôt possible, afin d'éviter qu'une partie du composé, formé par le contre-poison, ne demeure dissous dans les organes digestifs à la faveur du sel contenu dans le liquide de l'estomac.

Le cyanure de mercure ne précipite pas l'albumine. Le chlorure d'or y produit un précipité jaune-clair, qui devient pourpre à la lumière solaire. Le chlorure de platine y fait naître un caillot jaune.

Lorsque, dans une dissolution d'albumine, on verse

Digitized by Google

quelques gouttes d'une dissolution étendue de sulfate de cuivre, il se forme un précipité d'un blanc clair, tirant sur le vert, qui disparaît par l'agitation; l'addition d'une nouvelle quantité de sel de cuivre forme un précipité permanent qu'un grand excès de sulfate peut pourtant redissoudre. Au bout de quelque temps, il se sépare de nouveau un précipité très abondant que les acides dissolvent parfaitement. Si c'est au contraire l'albumine que l'on verse dans le sulfate de cuivre, le précipité verdâtre qui se forme d'abord se dissout par l'agitation, et quand il est devenu permanent, il suffit d'ajouter un grand excès d'albumine pour le redissoudre entièrement. Tous ces précipités sont d'ailleurs solubles dans la potasse avec une couleur d'un violet intense.

Ces composés renferment de l'albumine et du sulfate de cuivre en proportions variables. Les analyses qui en ont été faites laissent encore trop à désirer pour que nous les rapportions ici.

L'albumine dissoute est précipitée complètement par l'infusion de noix de galle. Le précipité est blanc ou d'un gris blanc, en flocons épars, qui ne se ramollissent pas ou ne s'agglutinent pas par la chaleur, comme il arrive au précipité produit par la dissolution de gélatine.

La présure ne coagule pas l'albumine à la température à laquelle elle fait cailler le lait.

Si on agite du sérum avec de l'éther, celui-ci ne tarde pas à se séparer, et il vient nager à la surface du sérum, tenant en dissolution la graisse qui était auparavant dissoute dans ce dernier: au contraire, le blanc d'œuf se coagule, quand on l'agite avec de l'éther; il se sépare, peu à peu, une liqueur jaune, que l'ébullition ne fait point coaguler; l'albumine coagulée surnage à l'état de gelée, et elle se montre gonflée comme une éponge dans l'éther qu'on a employé.

4088. Si l'on évapore de l'albumine liquide à une température qui ne s'élève pas jusqu'à 60°, elle se dessèche sans se coaguler, et elle est ensuite susceptible de se redissoudre dans l'eau. Une fois qu'elle est desséchée, on peut la conserver pendant longtemps à 100°, sans qu'elle perde sa solubilité dans l'eau froide, ce qui arrive cependant peu à peu, c'est à dire au bout de quelques heures. La dissolution de cette albumine dans l'eau froide se coagule à 63°, comme avant sa dessiccation.

Digitized by Google

Lorsque l'albumine alcaline, telle qu'elle existe dans le blanc d'œuf ou le sérum du sang, est abandonnée à elle-même, elle éprouve une décomposition particulière connue sous le nom de putréfaction, et l'on voit se développer au milieu de la masse une foule d'animalcules; mais, si cette substance est rendue neutre ou même légèrement acide, les choses se passent tout autrement. Des corpuscules plus ou moins exactement arrondis se développent au sein de la liqueur albumineuse et constituent les premiers rudiments d'un végétal connu sous le nom de *penicillium glaucum*. On voit également celui-ci se former dans les diverses sérosités morbides et dans la partie séreuse du pus; de telle sorte que, quel que soit le liquide albumineux qu'on neutralise par un acide, on y développe la même végétation microscopique.

On peut employer à cet effet de l'acide sulfurique ou de l'acide acétique, très étendus d'eau. Le liquide, d'abord parfaitement transparent, devient immédiatement opalin; il est troublé par de petites particules de matière en suspension. Cette matière gagne le fond du vase et s'y accumule en dépôt grisâtre, tandis que la liqueur redevient parfaitement claire et transparente. Au bout de douze heures on peut constater dans ce liquide la présence d'une quantité variable de vésicules circulaires ou ovales, parfaitement indépendantes les unes des autres, et qui, végétant de diverses manières, arrivent à une organisation complète.

4089. On ignore en quoi consiste le changement que l'albumine éprouve par la coagulation. C'est probablement une simple modification isomérique de ce corps, du même genre que celle qui convertit l'acide cyanique en acide cyanurique. Il serait donc très-intéressant d'essayer de constater si le poids atomique du l'albumine coagulée n'est pas double ou triple de celui qui appartient à l'albumine liquide. Lorsqu'on lave de l'albumine coagulée et qu'on la fait sécher ensuite, elle devient d'un jaune ambré et transparente. Mise dans l'eau, elle s'y ramollit, se gonfle, devient opaque, et reprend l'aspect qu'elle avait auparavant, mais sans reprendre sa solubilité, car, suivant M. Chevreul, l'eau n'en dissous que 0,007 de son poids.

L'albumine se comporte avec le bi-oxyde d'hydrogène tout autrement que la fibrine; car elle est sans influence sur la décomposition de ce corps.

Digitized by Google

L'albumine donne, quand on la brûle, une plus grande quantité de cendre que la fibrine. Cette cendre est composée de carbonate de soude, de chlorure de sodium et de phosphate de chaux, qu'on ne peut extraire par les acides avant sa combustion. L'albumine a même tant d'affinité pour le phosphate de chaux au degré de saturation où ce sel existe dans les os des animaux, que, quand on mêle avec elle du phosphate d'ammoniaque dissous contenant un léger excès d'ammoniaque, qu'on filtre ensuite la liqueur, et qu'on y ajoute une dissolution de chlorure de calcium, il se précipite un sous-phosphate de chaux, qui contient jusqu'à un tiers de son poids d'albumine en combinaison chimique.

L'albumine, tant à l'état liquide qu'à l'état solide, existe dans tous les animaux supérieurs, et dans presque toutes les plantes. En général, les liquides animaux, destinés au maintien et à l'accomplissement des actes de la vie, sont des liquides albumineux, soit dans les plantes, soit dans les animaux. Les liquides des excrétions sont les seuls où l'on remarque l'absence totale de l'albumine dans la plupart des cas. Partout ailleurs, l'albumine apparaît, au contraire, comme un des matériaux les plus constants.

4090. Les recherches de M. Mulder ont mis hors de doute l'identité de l'albumine des plantes et de l'albumine des animaux. Elles ont été pleinement confirmées par toutes les expériences ultérieures. M. Mulder a tiré de cette identité la conséquence importante que l'albumine des animaux est formée par les plantes, et qu'elle passe dans les animaux par l'acte même de la digestion. Tous les chimistes sont d'accord, du reste, sur la composition de l'albumine. Voici les analyses que j'en ai faites avec M. Cahours.

ALBUMINE.	SÉRUM de mouton.	SÉRUM de bœuf.	SÉRUM de veau.	SÉRUM d'homme.	ALBUMINE du blanc d'œuf.	ALBUMINE de la farine.
Carbone. . . .	53,54	53,40	53,49	53,32	53,27	52,74
Hydrogène. . .	7,08	7,20	7,27	7,29	7,10	7,11
Azote.	15,82	15,70	15,72	15,70	15,77	15,66
Oxygène, etc. .	23,56	23,70	23,52	23,69	23,76	23,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Digitized by Google

M. Mulder a trouvé en outre dans cette substance, lorsqu'elle est extraite des œufs, 0,38 pour 0/0 de soufre et 0,43 pour 0/0 de phosphore, l'albumine du sérum donne 0,68 pour 0/0 de soufre et 0,35 pour 0/0 de phosphore.

CASÉINE.

4091. Le lait des animaux est caractérisé par la présence des substances suivantes :

1° La caséine;

2° Des matières grasses en suspension sous forme de globules microscopiques, qui constituent le beurre;

3° Une matière sucrée;

4° Des sels dont la nature et les proportions peuvent varier dans un même animal, suivant le régime auquel il est soumis.

Nous allons examiner ici en détail les propriétés de la première de ces substances, c'est à dire la caséine.

M. Berzélius, dans son *Traité de chimie*, décrit deux variétés de caséine qu'il désigne sous le nom de caséine soluble et de caséine insoluble.

M. Rochleder, qui a repris récemment cette étude, a clairement démontré qu'il n'existe qu'une seule caséine, qui est insoluble ou très peu soluble dans l'eau, et que sa solubilité dans ce liquide est due à la présence des substances auxquelles elle est combinée.

Les expériences de MM. Simon Vogel et Schérer, ont fait voir, en effet, que la caséine soluble de M. Berzélius laisse, après sa combustion, une quantité notable de cendres renfermant de la chaux ou de la baryte, suivant qu'on s'est servi de carbonate de chaux ou de baryte pour la préparer. Ce sont ces bases qui lui donnent sa solubilité.

M. Rochleder emploie la méthode suivante pour obtenir la caséine à l'état de pureté. Il ajoute de l'acide sulfurique étendu à du lait récent et chauffe le mélange. La caséine, séparée du lait, se rassemble en une masse cohérente, qu'on pétrit à plusieurs reprises dans l'eau pure, afin d'en séparer la majeure partie du sérum qu'elle retient. On la traite ensuite à froid par une dissolution concentrée de carbonate de soude, jusqu'à ce que toute la caséine soit dissoute, en formant une liqueur trouble et sirupeuse.

Cette dissolution, qui doit contenir un excès de carbonate de soude, est abandonnée à elle-même à une tempé-

Digitized by Google

rature de 20°, jusqu'à ce que le beurre libre vienne former une couche à la surface. On trouve un grand avantage à employer des vases larges et plats, parce que la séparation des particules butyreuses se fait dans un temps d'autant plus court qu'elles ont un moindre chemin à parcourir pour arriver à la surface.

Après avoir enlevé la majeure partie du beurre, on retire avec un siphon le liquide qui se trouve sous la couche butyreuse.

4092. La caséine est de nouveau précipitée par l'acide sulfurique faible, et pétrie avec de l'eau qu'on renouvelle fréquemment, pour la débarrasser de la majeure partie de l'acide et du sulfate de soude qu'elle retient.

La caséine, ainsi préparée, se dissout en quantité très appréciable dans l'eau, surtout à chaud. Cette dissolution, étant évaporée, forme à la surface une pellicule membraneuse, qui se renouvelle à mesure qu'on l'enlève. En ajoutant avec ménagement à une telle liqueur une dissolution de carbonate de soude faible, on en précipite toute la caséine, qu'on peut laver ensuite à l'eau, jusqu'à ce qu'elle soit privée de toute substance étrangère. La caséine, en perdant les dernières traces d'acide, perd en même temps la propriété de se dissoudre dans l'eau.

Pour terminer la purification de la caséine, il reste encore à l'épuiser par l'alcool et l'éther, qui lui enlèvent les dernières portions de matière grasse qu'elle pouvait retenir.

La caséine, séparée du lait au moyen de petites quantités d'un acide quelconque, ne retient après ces traitements aucune trace de ces derniers. En effet, elle offre absolument la même composition, quel que soit l'acide qui ait servi à en opérer la précipitation.

La caséine, ainsi préparée, est à peine soluble dans l'eau, qui, maintenue en ébullition avec cette substance pendant plusieurs heures, n'en a dissous que deux millièmes de son poids environ. Qu'elle soit précipitée de sa dissolution dans les alcalis par un acide, ou de sa dissolution dans les acides par un carbonate alcalin, la caséine a toujours la propriété de rougir le papier bleu de tournesol, et la conserve même après une dessiccation à 145°. Mais, chose remarquable pourtant, elle ne la communique point à l'eau avec laquelle on la fait bouillir. Cette réaction s'ac-

Digitized by Google

corde très bien avec la propriété déjà connue dans la caséine de former des liqueurs neutres avec la dissolution des carbonates alcalins. On sait aussi qu'elle fait disparaître la réaction alcaline du phosphate de soude. Malgré sa réaction acide, la caséine, mise en contact avec du bi-carbonate de potasse, n'en chasse pas l'acide carbonique à la température ordinaire.

Cette substance se dissout facilement et en grande quantité dans les alcalis caustiques ou carbonatés; elle est précipitée de ces dissolutions par tous les acides, à l'exception de l'acide carbonique.

Lorsqu'on évapore une dissolution de caséine obtenue, soit à l'aide d'un acide, soit au moyen d'un alcali, il se forme à la surface du liquide une pellicule blanche dont la composition n'est pas bien connue. C'est cette pellicule qu'on voit apparaître à la surface du lait quand on le chauffe, et qu'on désigne sous le nom de *frangipane*.

Si, à une dissolution de caséine dans un acide, on en ajoute une autre d'un sel de baryte, il se forme une combinaison insoluble de la caséine avec la baryte, lors même que la quantité de caséine est très faible.

La caséine pure est donc une substance presque complètement insoluble dans l'eau. La caséine soluble est une combinaison de cette matière avec un alcali, un véritable caséate alcalin. La coagulation de cette matière par les acides résulte donc de la combinaison de l'acide avec la base ; la caséine, ne pouvant rester par elle-même en dissolution dans la liqueur, se précipite en flocons.

M. Mulder a fait voir en outre que le coagulum obtenu en traitant du lait, légèrement chauffé, par de l'acide sulfurique étendu, n'est pas d'abord de la caséine pure, mais bien cette substance combinée avec des acides sulfurique et phosphorique.

On obtient également, d'après ce chimiste, une combinaison de ce dernier acide avec la caséine, en se servant de l'acide acétique pour opérer la coagulation du lait, par suite d'une décomposition que cet acide exerce sur le phosphate de chaux.

Mais ces précipités perdent leur acide par des lavages convenablement dirigés. De telle sorte que la caséine se retrouve toujours la même, e que l'existence de véri-

Digitized by Google

tables composés de caséine et d'acide n'est pas encore bien claire.

La caséine coagulée et mêlée avec une certaine quantité de beurre constitue la substance qu'on désigne sous le nom de fromage.

4093. Cette substance éprouve des changements particuliers lorsqu'elle est abandonnée à elle-même au contact de l'air et de l'eau, à une température favorable à la fermentation. Dans celle-ci il se forme des produits qu'on a pareillement reconnus dans ces dernières années dans la putréfaction de toutes les matières animales. Nous donnerons ici un résumé des recherches intéressantes de M. Braconnot sur ce sujet. Ce chimiste délaye 750 grammes de fromage bien égoutté, et provenant d'un lait de vache coagulé spontanément, dans environ un litre d'eau; il place le mélange dans un bocal ouvert et abandonné à une température de 20 à 25° pendant un mois. Au bout de ce temps, l'odeur putride est moins intense; on peut suspendre la fermentation. Si on filtre la liqueur à travers une toile, il s'écoule un liquide peu coloré, rougissant le tournesol, et ne donnant aucun indice de la présence de l'acide sulfhydrique ou du carbonate d'ammoniaque.

Distillé dans une cornue, ce liquide donne un produit d'une odeur excessivement fétide, due à la présence d'une matière huileuse. Il se sépare en outre une matière blanche, membraneuse, qui n'est que du caséum mêlé de phosphate de chaux. En évaporant ce liquide, on obtient un produit sirupeux, à la surface duquel il se forme des pellicules fragiles, et qui finit par se concréter par le refroidissement en une masse grenue, jaunâtre, d'une saveur amère et salée. Cette masse, traitée par l'alcool, est séparée par ce liquide en deux matières, dont l'une, soluble, fut désignée par Proust sous le nom de caséate d'ammoniaque, et l'autre, insoluble, sous le nom d'oxyde caséeux.

La partie insoluble dans l'alcool se dissout très bien dans l'eau, et donne par l'évaporation des croûtes qui s'accumulent sur les bords du vase, et qui présentent la légèreté de l'agaric blanc. Dans cet état, cette matière n'est point pure, et présente quelque chose de gras au toucher. Ce n'est qu'après avoir été dissoute à plusieurs reprises dans l'eau bouillante, et traitée par le charbon animal,

Digitized by Google

qu'on parvient à avoir un produit très blanc, M. Braconnot a donné à cette matière le nom d'*aposépédine*.

Dans cet état, elle est inodore ; sa saveur, légèrement amère, rappelle un peu celle de la viande rôtie. Elle est très friable et croque sous la dent. Sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau.

Abandonnée à elle-même à une douce température, la dissolution d'aposépédine se décompose en partie ; la liqueur, d'abord limpide, se trouble, devient laiteuse, laisse déposer des flocons blanchâtres, en même temps qu'elle exhale une odeur repoussante.

Elle brûle sans résidu. Si on la chauffe dans un tube de verre ouvert aux deux bouts, une partie se volatilise sans altération, et se sublime, sous la forme de cristaux déliés. Chaque fois qu'on répète la sublimation, il s'en décompose une nouvelle portion. A la distillation sèche dans une cornue, elle se décompose, et donne entre autres produits une huile qui a la consistance du suif. Il passe un liquide ammoniacal qui contient du carbonate et du sulfhydrate d'ammoniaque. Lorsqu'on chauffe l'aposépédine sur de l'argent poli, elle le noircit, en lui abandonnant du soufre. A 14°, elle est soluble dans 22 parties d'eau. L'aposépédine est très peu soluble dans l'alcool. Par le refroidissement de la dissolution obtenue par l'alcool bouillant, elle se précipite sous la forme d'une poudre fine, légère, qui, après dessiccation, ressemble à la magnésie anglaise. L'acide nitrique la convertit en une matière amère et en une huile jaune, mais sans formation d'acide oxalique. L'acide hydrochlorique la dissout en plus grande abondance que l'eau, et la dissolution évaporée se prend en masse par le refroidissement. Sa dissolution aqueuse n'est précipitée ni par l'alun ni par le sulfate de peroxyde de fer. L'infusion de noix de galle, au contraire, la précipite abondamment en flocons blancs, qui se redissolvent dans un excès du réactif. Elle ne fait pas fermenter une dissolution de sucre ordinaire.

La dissolution alcoolique d'où l'aposépédine s'est séparée contient plusieurs substances, et entre autres de l'acétate d'ammoniaque auquel la putréfaction du fromage a donné naissance. Si l'on abandonne cette dissolution à l'évaporation spontanée, il se dépose d'abord une matière extractiforme brune, qui donne de l'ammoniaque à la distillation sèche. M. Braconnot en obtint des cristaux de

Digitized by Google

phosphate ammoniaco-sodique. L'éther agité avec la liqueur sirupeuse restante lui enlève une huile liquide, jaunâtre, inodore, plus pesante que l'eau, et douée d'une saveur brûlante analogue à celle du piment. Cette huile ne se dissout qu'en petite quantité dans l'eau, et lui communique sa saveur. Elle rougit le papier de tournesol, et se combine sur le champ avec la potasse. D'après cela, il paraît que c'est un acide gras très probablement identique avec l'acide butyrique, qui est la cause de la saveur piquante du vieux fromage.

Les substances contenues dans le fromage pourri, que l'eau laisse sans les dissoudre, sont de l'acide oléique coloré en brun par une matière animale, un peu d'acide margarique, et beaucoup de margarate de chaux, dont la base provient de la chaux existante dans la matière caséeuse, tandis que les acides proviennent du beurre.

4094. En terminant l'histoire de la caséine, nous allons faire connaître sa composition, qui est identique avec celle de l'albumine.

	Mulder.	Scherer.
Carbone.....	54,96	54,51
Hydrogène....	7,15	6,90
Azote.....	15,80	15,67
Oxygène.....	22,09	22,92
	100,00	100,00

Voici quelques résultats que nous avons obtenus à ce sujet, M. Cahours et moi.

CASÉINE.	DE LAIT de vache.	DE LAIT de chèvre.	DE LAIT d'ânesse.	DE LAIT de brebis.	DE LAIT de femme.	DU SANG.	DE LA FARINE.
Carbone. . .	53,50	53,60	53,69	53,52	53,47	53,75	53,46
Hydrogène. .	7,05	7,11	7,14	7,07	7,13	7,09	7,13
Azote. . . .	15,77	15,78	15,00	15,80	15,83	15,87	16,04
Oxygène, etc.	23,68	23,51	23,20	23,61	23,57	23,29	23,37
.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Digitized by Google

VITELLINE.

4095. Je désigne sous ce nom la matière azotée contenue dans le jaune de l'œuf. Cette substance peut s'obtenir facilement en traitant le jaune d'œuf cuit, séparé de ses membranes et réduit en poudre, par l'éther, qui lui enlève la matière grasse. Après cet épuisement complet, on obtient pour résidu une matière coagulée d'un beau blanc, facile à réduire en poudre.

La vitelline donne avec l'acide chlorhydrique concentré une coloration caractéristique d'un bleu violacé, comme les matières albumineuses proprement dites; cependant elle diffère entièrement de l'albumine coagulée par sa composition, ainsi qu'on va le voir.

En effet, on a en moyenne :

Carbone.....	51,6
Hydrogène.....	7,2
Azote.....	15,0
Oxygène.....	26,2
	100,0

Ce qui s'accorde avec la formule $C^{48}\,H^{40}\,Az^{12}\,O^{12}$, qu'on peut décomposer en $C^{48}\,H^{37}\,Az^{12}\,O^{15} + 3\,H^2\,O$. D'où l'on pourrait conclure que la vitelline ne diffère de l'albumine que par la fixation de trois équivalents d'eau.

GLUTINE.

4096. Parmi les principes immédiats qu'on peut extraire du gluten brut, il en est un qui se dissout dans l'alcool bouillant, qui ne s'en précipite pas par le refroidissement, qui s'en sépare au contraire par l'évaporation, et qui fait prendre en masse la liqueur concentrée, quand on l'abandonne au refroidissement. Cette matière est la glutine proprement dite.

Dans cet état, la glutine est loin d'être pure; elle est toujours accompagnée d'une matière grasse plus ou moins abondante. Pour l'en débarrasser, on la dessèche, on la réduit en poudre, et l'on fait digérer cette dernière dans de l'éther anhydre, tant qu'elle cède quelque chose à ce véhicule.

Digitized by Google

Cette substance donne à l'analyse les nombres suivants :

Carbone.....	53,27
Hydrogène.....	7,17
Azote.....	15,94
Oxygène, etc....	25,62
	100,00

La glutine possède donc, comme on le voit, sensiblement la composition de l'albumine et de la caséine. De même que ces corps, elle possède la propriété de se colorer en bleu violacé sous l'influence de l'acide chlorhydrique concentré, qui la dissout.

Cette substance se rencontre dans les céréales, qui la contiennent en plus ou moins forte proportion. Par ses caractères spéciaux, sa présence dans le froment, le rôle qu'elle joue dans le gluten et la panification, par son identité avec l'albumine et la caséine, la glutine est une matière digne d'intérêt.

GLAÏADINE.

4097. En examinant le gluten de froment, M. Taddey en a retiré une substance qu'il a désignée sous le nom de glaïadine, qui se rencontre dans un grand nombre de fruits, et notamment dans les raisins. M. François attribue à cette matière la *graisse* des vins, maladie qu'on prévient en ajoutant au vin une dose convenable de tannin, qui précipite complètement la glaïadine de ses dissolutions.

M. Taddey obtient cette substance en faisant digérer du gluten de froment récemment préparé dans l'alcool à 33 ou 40°; on l'y agite fréquemment avec une spatule, en répétant les lotions avec de nouvel alcool, aussi longtemps que celui-ci blanchit par l'addition de l'eau. Le liquide, abandonné au repos, dépose au fond et aux parois du vase une couche blanchâtre composée de petits filaments de gluten. La solution, décantée, abandonne ensuite, par une évaporation lente, la glaïadine mêlée d'une petite quantité de résine jaunâtre, dont on peut la dépouiller au moyen de quelques traitements par l'éther sulfurique, qui n'agit pas sensiblement sur la glaïadine.

On peut encore obtenir cette substance en faisant di-

Digitized by Google

rer du blé concassé ou sa farine dans de l'alcool à la chaleur d'une étuve. La glaïadine est souillée d'une plus grande quantité de résine, mais on l'en débarrasse au moyen de l'éther.

Ainsi préparée, la glaïadine est jaune-paille, quand elle est sèche, légèrement transparente, en lames minces, friable, présentant l'odeur du miel, et répandant à une douce chaleur l'arome des pommes cuites. Dans la bouche, elle devient collante; sa saveur est douceâtre et balsamique. Elle est assez soluble dans l'alcool bouillant; une portion de la matière dissoute se dépose par le refroidissement. Appliquée sur des corps polis, elle s'y dessèche, en formant une espèce de vernis. Elle se ramollit dans l'eau distillée froide, mais ne s'y dissout pas. Si l'on porte cette eau à la température de l'ébullition, elle se réduit en écume, et le liquide reste légèrement laiteux. Sa densité est plus grande que celle de l'eau.

La dissolution alcoolique de glaïadine devient laiteuse par l'addition de l'eau, et précipite en flocons blancs de lait, par les carbonates alcalins; elle est à peine troublée par les acides végétaux et minéraux. La glaïadine sèche se dissout dans les alcalis caustiques et dans les acides. Projetée sur des charbons ardents, elle se boursoufle, brûle avec une flamme assez vive en répandant l'odeur des matières animales, et donne pour résidu un charbon spongieux, difficile à incinérer. Cette substance se dissout avec une extrême facilité dans l'acide tartrique. C'est à la faveur de cet acide qu'elle se trouve en dissolution dans le jus de raisin.

Si l'on ajoute à une dissolution de cette substance dans l'alcool ou l'acide tartrique une infusion de noix de galle ou de sous-carbonate de potasse, on obtient des précipités abondants.

En faisant passer un courant d'acide carbonique dans une dissolution alcoolique de glaïadine, on obtient un précipité abondant, propriété qui la rapproche de la chondrine, dont elle diffère cependant sous d'autres rapports. C'est à cette propriété qu'il faut attribuer le trouble qui se manifeste dans les vins blancs contenant de la glaïadine, quand on cherche à les rendre mousseux en les chargeant d'acide carbonique.

Digitized by Google

AMANDINE.

4098. Proust, et après lui MM. Boullay, Vogel et divers chimistes ont arrêté leur attention sur une matière qui existe en abondance dans les amandes douces et dans les amandes amères. Proust et Vogel l'avaient considérée comme identique avec la caséine du lait des animaux.

Si l'on étudie les amandes douces, l'amande des abricots et celle des prunes, on trouve dans toutes ces substances un produit soluble dans l'eau froide, et susceptible de précipitation par l'acide acétique faible.

Rien de plus facile à obtenir, car il suffit de mettre le tourteau d'amande en macération avec de l'eau froide pendant une ou deux heures et de filtrer la liqueur. La dissolution qui coule rapidement renferme de grandes quantités de la matière précipitable par l'acide acétique. Le précipité que cet acide donne offre un aspect nacré, chatoyant. Il est très-blanc. Son apparence tient évidemment à la concentration des dissolutions; car, une fois étendue d'eau, la liqueur ne produit plus un précipité semblable; elle donne seulement un dépôt floconneux.

Il existe donc incontestablement une matière azotée spéciale fort répandue dans les végétaux; elle fait partie de l'amande de toutes les rosacées que nous avons pu nous procurer, la graine d'une crucifère, celle de moutarde, nous en présente aussi de grandes quantités.

Cette matière azotée joue, à coup sûr, un rôle considérable dans la nutrition de quelques animaux, et dans celle de l'homme lui-même.

Il sera donc nécessaire de l'étudier avec soin, tant pour la caractériser que pour reconnaître par quels traits elle s'éloigne ou se rapproche des autres substances azotées neutres de l'économie végétale ou animale.

L'amandine, précipitée par l'acide acétique faible d'une de ses dissolutions concentrées, se présente toujours avec l'aspect nacré et chatoyant : d'une dissolution faible, elle se dépose en flocons. Elle est insoluble dans l'alcool froid et dans l'éther. L'eau bouillante ne la dissout pas non plus. L'alcool faible et bouillant ne la dissout pas.

L'eau froide en dissout, au contraire, de grandes quantités. Quand on porte la liqueur à une température voisine de l'ébullition, elle se coagule et laisse précipiter des

Digitized by Google

flocons cohérents qui ressemblent beaucoup à l'albumine coagulée.

Il résulte de là que, si l'on opère sur une dissolution aqueuse renfermant à la fois de l'amandine et de l'albumine, et qu'on effectue la coagulation du mélange à chaud, le produit obtenu renfermera tout à la fois l'albumine et l'amandine.

L'acide acétique concentré, mis en contact avec le dépôt nacré, en est absorbé et détermine celui-ci à se gonfler en prenant une demi-transparence. Le produit qui en résulte se dissout complètement dans l'eau bouillante. Par l'évaporation, on obtient une substance d'aspect gommeux, susceptible de se redissoudre dans l'eau, et qui possède la composition de l'amandine.

Quand on ajoute de l'acide acétique faible à une dissolution d'amandine, elle se précipite immédiatement. Un excès d'acide redissout le précipité formé, et la liqueur s'éclaircit tout à coup, sans que l'amandine ait pris l'aspect gélatineux dont on vient de parler. En saturant l'acide en excès par l'ammoniaque, on fait reparaître l'amandine qui se précipite de nouveau; un excès d'ammoniaque la redissout à son tour.

L'acide chlorhydrique faible précipite l'amandine, comme l'acide acétique; concentré, il la dissout, et la dissolution ne tarde pas à prendre cette teinte bleu-violet qui caractérise les substances analogues à l'albumine. Avec l'amandine, la teinte est même très riche et très pure. L'acide sulfurique faible précipite également l'amandine. Concentré, il la précipite également. Si on broie l'amandine sèche avec l'acide sulfurique concentré, elle se dissout lentement et se colore en brun, sans produire de sucre de gélatine.

L'acide azotique faible précipite l'amandine comme les précédents; concentré, il dissout l'amandine sèche avec dégagement de gaz nitreux.

L'acide phosphorique à trois atomes d'eau précipite aussi l'amandine : caractère important, qui ne permet pas de la confondre avec l'albumine.

La potasse, la soude et l'ammoniaque dissolvent l'amandine à froid. A chaud, les deux premiers de ces alcalis la décomposent avec dégagement d'ammoniaque.

La baryte et la chaux, en présence de l'eau, la décom-

Digitized by Google

posent également à l'aide de la chaleur de l'ébullition. Il se forme des sels solubles de ces bases; il se dégage de l'ammoniaque. Il y a donc production d'un acide particulier.

100 centimètres cubes d'une dissolution concentrée d'amandine, mis en contact avec dix à douze gouttes de présure liquide, ont donné, au bout de vingt-quatre heures, une coagulation complète de l'amandine, qui s'était précipitée au fond du vase sous l'aspect d'une masse gommeuse. Pendant les premières heures du contact, les liqueurs demeurent limpides, ce qui met de côté toute idée d'une influence quelconque de la part de l'acide libre de la présure. La précipitation par la présure est d'ailleurs parfaite, car l'acide acétique, ajouté avec précaution au résidu, n'y produit pas la moindre apparence de trouble. Enfin, la matière coagulée par la présure consiste en amandine pure.

La formule brute qui représente le mieux la composition de l'amandine est la suivante :

C^{48}	50.9
H^{37}	6,5
Az^{15}	18,5
O^{17}	24,1
	100,0

LÉGUMINE.

4099. M. Braconnot a désigné, sous le nom de légumine, une matière azotée qu'il a découverte dans les pois et les haricots; il a fait remarquer son analogie avec la caséine.

La légumine des pois, des haricots et des lentilles s'extrait plus ou moins facilement par le procédé que M. Braconnot a indiqué. La matière concassée est mise en digestion dans l'eau tiède pendant deux ou trois heures; on l'écrase ensuite dans un mortier, de manière à former une pulpe à laquelle on ajoute environ son poids d'eau froide; au bout d'une heure de macération, on jette le tout sur une toile, et l'on exprime. La liqueur, abandonnée au repos, laisse déposer une certaine quantité de fécule; on la passe au filtre pour l'obtenir tout à fait claire, et l'on y verse peu à peu de l'acide acétique étendu d'eau.

Au moment même où l'on ajoute l'acide, il se forme un

Digitized by Google

précipité floconneux, très blanc, facile à recueillir sur un filtre, mais dont le lavage à l'eau s'opère avec beaucoup de lenteur et non sans quelque difficulté.

Il ne faudrait pas trop ajouter d'acide acétique, car le précipité ne tarderait pas à disparaître plus ou moins complètement.

La légumine, épuisée par l'eau, est lavée ensuite à l'alcool. Après ce traitement, on la dessèche et on la pulvérise pour la mettre en digestion avec de l'éther, qui la débarrasse de toute matière grasse.

La légumine pure, chauffée avec un peu d'un acide végétal, l'acide tartrique, par exemple, donne une liqueur épaisse, mucilagineuse, qui, étendue d'eau, est à peine acidule au goût. L'infusion de noix de galle y forme un dépôt blanc, abondant, qui, par la chaleur, se contracte et devient fauve. Le sublimé corrosif ne produit aucun changement remarquable dans cette liqueur acide; il en est de même des acétates de plomb, de baryte et d'alumine. Les nitrates de baryte et de plomb, l'hydrochlorate de chaux, les sulfates de cuivre et de fer, et généralement tous les sels métalliques dont l'acide est minéral, déterminent dans cette dissolution des dépôts gélatineux abondants.

Les alcalis faibles, tels que le sous-carbonate de soude et d'ammoniaque étendus de beaucoup d'eau, dissolvent très promptement la légumine pure ou combinée aux acides minéraux. L'alcool et les acides minéraux forment des dépôts blancs abondants dans ces dissolutions.

Si on fait bouillir la dissolution de légumine dans de l'eau de chaux, il se forme un coagulum, même à l'abri du contact de l'air. L'eau de baryte affaiblie se comporte de la même manière que l'eau de chaux.

PROTIDE, ÉRYTHROPROTIDE, LEUCINE.

4100. En parlant sommairement de l'action des alcalis sur les matières azotées neutres, j'ai dit au commencement de ce chapitre que la potasse en dissolution concentrée donne, par sa réaction sur les substances qui renferment le radical protéique, trois corps de nature particulière : la protide, l'érythroprotide et la leucine. J'indiquerai maintenant le procédé qu'on peut suivre pour isoler ces différents composés.

On fait bouillir le mélange de potasse et de matière animale tant qu'il se dégage de l'ammoniaque; à cette époque,

on laisse refroidir la liqueur, puis on la neutralise par l'acide sulfurique. Il se dépose d'abord du sulfate de potasse, qu'on sépare, et on évapore jusqu'à siccité le liquide décanté. On fait enfin bouillir à plusieurs reprises ce résidu avec de l'alcool, qui laisse le sulfate de potasse et qui dissout les matières de nature organique.

La solution alcoolique, abandonnée au refroidissement, laisse déposer l'érythroprotide sous la forme de gouttes oléagineuses de couleur brune. La liqueur, abandonnée à l'évaporation spontanée, laisse déposer la leucine, et ne retient plus en dissolution que la protide mélangée avec du formiate de potasse.

4101. *L'érythroprotide*, purifiée à l'aide de plusieurs dissolutions dans l'alcool bouillant, est d'un beau rouge, molle, et très-soluble dans l'eau. Elle ne se liquéfie pas à l'air. Elle forme, avec les oxydes métalliques, des précipités de couleur rosée. Lorsqu'on fait passer un courant d'acide sulfhydrique dans sa dissolution aqueuse, elle se décolore; mais cette liqueur, placée dans le vide sec, abandonne l'acide sulfhydrique peu à peu et reprend sa couleur primitive. Quelques sels métalliques précipitent l'érythroprotide de sa dissolution dans l'eau. Il en est de même de l'acide tannique.

D'après M. Mulder, cette substance possède la composition suivante :

C^{26}	56,12
H^{16}	6,64
Az^2	10,00
O^5	28,24
	100,00

4102. La *protide*, qui reste en dernier lieu dans la dissolution mélangée avec du formiate de potasse, renferme en outre une petite quantité d'érythroprotide. Pour l'en séparer, on étend d'eau la liqueur précédente, et on y ajoute une solution d'acétate neutre de plomb, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. Ce dernier est une combinaison de protide et d'oxyde de plomb. Après l'avoir bien lavé à l'eau, on le met en suspension dans ce liquide, et on le décompose au moyen de l'acide sulfhydrique. La liqueur filtrée et évaporée donne pour résidu la protide :

Digitized by Google

c'est une substance faiblement jaunâtre, amorphe et très-friable; elle se dissout facilement dans l'eau. L'acide tannique ne la précipite pas de cette dissolution.

M. Mulder lui attribue la composition suivante :

C^{26}	59,04
H^{18}	6,67
Az^3	10,52
O^4	23,77
	100,00

4103. La *leucine*, qui se forme non seulement dans cette circonstance, mais encore par la réaction de l'acide sulfurique sur les matières protéiques, se dépose d'une dissolution alcoolique sous la forme de feuillets brillants analogues à la cholesterine. Elle est friable, inodore, insipide et grasse au toucher. Vers 170°, elle se sublime sans laisser de résidu. Elle est neutre et ne perd point d'eau à 108°. A 17° elle exige environ 28 parties d'eau pour se dissoudre, et 625 parties d'alcool d'une densité de 0,83 à la même température. Elle est complétement insoluble dans l'éther.

L'acide nitrique froid s'y combine, sans lui faire éprouver d'altération; l'acide bouillant la décompose en produits volatils. L'acide chlorhydrique bouillant dissous la leucine, sans lui faire éprouver d'altération ; le chlore la décompose. Les alcalis caustiques sont sans action sur elle. Sa dissolution aqueuse n'est précipitée que par un seul sel métallique, le protonitrate de mercure.

D'après M. Mulder, la leucine possède la composition suivante :

C^{24}	55,8
H^{24}	9,1
Az^2	10,8
O^4	24,3
	100,0

Acide nitroleueique. Cet acide s'obtient en dissolvant la leucine à saturation dans de l'acide nitrique de concentration moyenne. Il ne se dégage pas de gaz et bientôt tout se prend en masse. Les cristaux, d'abord exprimés dans des doubles de papier à filtre, sont ensuite dissous et aban-

Digitized by Google

donnés à l'évaporation spontanée. On obtient ainsi l'acide à l'état de pureté.

D'après M. Mulder, l'acide nitroleucique est représenté par la formule :

$$C^{24}\,H^{24}\,Az^2\,O^4,\,Az^2\,O^5 + H^2\,O.$$

M. Mulder a cherché en outre à expliquer, à l'aide d'une équation simple, la production des corps que nous venons de décrire en partant de la protéine.

On aurait suivant lui :

$C^{160}\,H^{124}\,Az^{20}\,O^{24} + 9\,H^2\,O$, qui donneraient :

2 atomes de protide....	52 C +	36 H +	4 Az +	80
2 at. d'érythroprotide..	52 C +	32 H +	4 Az +	100
2 at. de leucine.	48 C +	48 H +	4 Az +	80
1 at. d'acide formique..	4 C +	2 H	+	30
2 at. d'acide carbonique	4 C		+	40
4 at. d'ammoniaque ...		24 H +	8 Az	
2 at. prot. + 9 at. d'eau =	160 C +	142 H +	20 Az +	330

4104. Nous allons résumer ici les principales citations qui permettent de recourir aux travaux dont les matières albuminoïdes ont été l'objet.

Denis, *Sur le sang*, 1 vol. in-8°, Paris, 1838.—Id. *Sur les matières albumineuses*, in-8°. Paris, 1842.

Berzélius, *Recherches sur les fluides animaux — Ann. de chim.*, t. 88, p. 26 et suivantes.

Lecanu, *Thèse sur le sang*.

D'ailleurs, on trouvera sur les principales de ces matières des détails particuliers dans les ouvrages qui suivent :

FIBRINE.

Chevreul, *Journal de pharm.*, t. 10, p. 315.

Gay-Lussac, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 4. p. 71.

Braconnot, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 13. p. 118.

Boussingault et Mariano de Riveiro, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 23. p. 219.

Vogel, *Journal de pharm.*, t. 23, p. 587.

Mulder, *Bulletin de Néerlande*, 1839, 5e et 6e livraison.

Scherer et Jones, *Revue industrielle*, Janvier 1842.

Liebig, *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. 4, p. 186.

Digitized by Google

DUMAS et CAHOURS, *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. 6, p. 385.

ALBUMINE.

FOURCROY, *Ann. de chim.*, t. 3, p. 252, et t. 7, p. 146.
CHEVREUL, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 19, p. 23.
LASSAIGNE, *Ann. de chim. et de phys*, t. 20, p. 97.
BERZÉLIUS et ENGELHART, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 36, p. 140.
COUERBE, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 41, p. 323.
MULDER, *Bulletin de Néerlande*. 1839, 6e livraison.
VOGEL, *Journal de Pharmacie*, t. 25, p. 585.
SCHERER et JONES, *Revue industrielle*.
LIEBIG, *Ann. de chim et de phys.*, 3e série, t. 4, p. 186.
DUMAS et CAHOURS, *Ann. de chim. et de phy.*, 3e série, t. 6, p. 385.

CASÉINE.

PARMENTIER et DEYEUX, *Ann. de chim.*, t. 6, p. 183.
GASPARD MONGE, *Ann. de chim.*, t. 32, p. 287.
A. DE HUMBOLDT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 7, p. 182.
PROUST, *Ann. de chim, et de phys.*, t. 10, p. 35.
BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 43, p. 337, et *Journal de pharm.*, t. 17, p. 194.
DONNÉ, *Compte rendu de l'Acad. des sciences*. 1839, 2e semestre, p. 367.
MULDER, *Bulletin de Néerlande*. 1839, 6e livraison.
VOGEL, *Journ. de pharmacie*, t. 25, p. 589.
LIEBIG, *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. 4, p. 186.
SCHERER, et JONES, *Revue industrielle*. Janvier 1842.
DUMAS et CAHOURS, *Ann. de chim et de phys.*, 3e série.
ROCHELEDER, *Journ. de pharmacie*.

CHAPITRE II.

MATIÈRES GÉLATINEUSES ET TISSUS QUI LES FOURNISSENT.

1105. La peau, le tissu des os, les cartilages et beaucoup de tissus animaux analogues jouissent de la propriété bien connue de céder à l'eau bouillante une substance capable de se prendre en gelée par le refroidissement. On a cru pendant longtemps que cette matière était toujours la

même, et on l'avait désignée sous le nom de gélatine. Dans ces derniers temps, M. Muller a reconnu que les cartilages fournissent un produit particulier auquel il a donné le nom de chondrine.

Ces deux matières sont parfaitement distinctes des précédentes par l'ensemble de leurs propriétés et par le rôle qu'elles jouent dans l'économie.

Jusqu'ici, on n'a pas reconnu leur existence dans les plantes. Quoique très répandues dans les animaux, elles n'appartiennent néanmoins qu'à leurs tissus et ne se trouvent pas en quantité appréciable dans les liquides de leurs sécrétions non plus que dans leur sang.

Il est très probable même que ces matières n'existent pas dans les tissus, telles qu'on les trouve dans l'eau avec laquelle on les a fait bouillir. Les matières dissoutes ont subi sans doute quelque changement isomérique. Leur histoire offre donc encore quelques incertitudes que nous aurons soin de signaler. Elle se lie étroitement avec celle des tissus qui les fournissent, et nous serons obligés de les confondre dans le même chapitre.

CHONDRINE.

4106. Lorsqu'on maintient des cartilages, exempts d'os, en ébullition au milieu de l'eau pendant plusieurs heures, on obtient une solution peu colorée, qui se prend en gelée par le refroidissement. La substance que les cartilages cèdent à l'eau et qui a été découverte par M. Muller diffère complétement de la gélatine ; elle a reçu de ce savant le nom de *chondrine*. C'est surtout aux recherches de MM. Mulder et Vogel fils que nous devons ce qu'on sait de ce curieux produit.

Cette substance peut s'obtenir à l'état de pureté en réduisant des cartilages costaux d'homme ou de veau en morceaux très minces et les faisant bouillir avec de l'eau pendant environ quarante-huit heures. La liqueur filtrée est ensuite évaporée jusqu'à consistance gélatineuse, et le résidu est traité par l'éther bouillant en excès pour lui enlever les dernières traces de graisse. On a ainsi de la chondrine pure.

Lorsqu'on ajoute à une solution de chondrine du sulfate d'alumine, de l'alun, de l'acétate de plomb, du sulfate de fer, on obtient des précipités volumineux, tandis que l'ad-

Digitized by Google

dition des mêmes réactifs ne détermine aucun trouble dans la dissolution de gélatine.

Presque tous les acides minéraux et la plupart des acides organiques ont la propriété de précipiter la chondrine de sa dissolution.

Comme les précipités occasionnés par les acides sont solubles dans le plus petit excès de réactif, ils sont très difficiles à saisir, car l'addition d'une quantité d'acide trop grande empêche la formation du précipité.

Lorsqu'on veut opérer la précipitation au moyen de l'acide sulfurique, par exemple, il ne faut employer qu'une trace de cet acide.

L'acide sulfureux forme dans la dissolution de chondrine un précipité très abondant, qui n'a cependant pas la propriété de se dissoudre dans un excès de cet acide.

L'acide nitrique forme un précipité volumineux, mais qui se dissout facilement dans un excès d'acide.

L'acide phosphorique à trois atomes d'eau précipite la chondrine et la redissout facilement; le précipité qui se forme par l'acide pyrophosphorique est au contraire insoluble dans un grand excès de cet acide. L'action de la chondrine sur l'acide pyrophosphorique peut donc servir de caractère pour le distinguer de l'acide phosphorique non calciné.

L'acide phosphoreux forme, comme l'acide phosphorique, un précipité soluble dans un excès d'acide.

Les acides chlorydrique et acétique donnent des précipités solubles dans un excès de réactif.

L'acide fluorhydrique rend d'abord la solution nébuleuse; mais, par une plus grande addition, il se forme un précipité insoluble dans un excès de cet acide.

Lorsqu'on fait passer un courant de gaz acide carbonique dans une solution étendue de chondrine, il se forme à l'instant des flocons qui disparaissent d'abord; mais en continuant le courant de gaz, le fluide prend un aspect laiteux, et à la fin les flocons se réunissent pour former un dépôt blanc très divisé. Le précipité formé ne se redissout pas dans un excès d'acide carbonique. En échauffant le précipité, il devient liquide; il en est de même quand on le laisse pendant quelque temps exposé au contact de l'air. Le fluide visqueux qu'on obtient se comporte entièrement comme la chondrine; il est précipité de nouveau par

Digitized by Google

l'acide carbonique. Lorsqu'on ajoute au précipité formé par l'acide carbonique une petite quantité d'un acide quelconque étendu d'eau, il se produit une écume épaisse provenant du dégagement de l'acide carbonique ; la chondrine reste unie à l'acide employé. Le précipité précédent devrait donc, chose bien remarquable, être envisagé comme une combinaison de la chondrine avec l'acide carbonique.

L'acide chlorique forme dans la dissolution de chondrine un précipité soluble dans un excès d'acide.

Le précipité formé par l'acide arsénique ne se dissout pas dans un excès d'acide.

Des traces d'acide tartrique précipitent la chondrine de sa dissolution, le précipité ne se dissout pas dans un excès de réactif.

Les acides oxalique et citrique se comportent de la même manière.

Les différentes substances que nous venons de passer en revue ne produisent aucun changement dans une solution de colle de poisson.

La chondrine a été analysée par MM. Mulder, Scherer et Vogel fils: nous allons rapporter les résultats obtenus par ces chimistes:

	Mulder.	Scherer.	Vogel fils.
Carbone.....	50,61	50,89	48,97
Hydrogène...	6,38	6,86	6,55
Azote	14,44	14,90	14,53
Oxygène, etc...	28,57	27,25	29,95
	100,00	100,00	100,00

L'action de l'acide chlorhydrique sur les cartilages est assez remarquable. Nous allons rapporter à cet égard une observation de M. Vogel fils.

Il fit macérer des cartilages de côtes d'homme dans de l'eau à peine aiguisée par de l'acide chlorhydrique, à la température ordinaire, pendant 24 heures. Après ce temps, l'eau acide fut décantée, et les cartilages furent lavés à l'eau distillée, jusqu'à ce que le dernier lavage ne fût plus troublé par le nitrate d'argent.

Les cartilages, ainsi traités, donnent, en les faisant bouillir pendant 24 heures avec de l'eau, une matière entièrement différente de la chondrine et de la gélatine ordinaires. La liqueur filtrée, non acide, fut évaporée en consistance de

Digitized by Google

miel, et ne se prit pas en gelée. Le résidu évaporé, d'un jaune foncé, n'était ni visqueux ni collant, mais se détachait en lames minces par une dessiccation lente. Dissous dans l'eau bouillante, aucun des acides qui précipitent la chondrine ne produisit dans cette dissolution le moindre changement.

M. Scherer a analysé quelques tissus qui produisent de la chondrine. Voici les nombres obtenus par ce chimiste :

	CARTILAGE des côtes.	CARTILAGE des côtes.	MEMBRANE intermédiaire de la cornée.	CHONDRINE.
Carbone.	49,496	50,895	49,522	49,96
Hydrogène.	7,133	6,963	7,00	6,63
Azote.	14,903	14,908	14,90	14,44
Oxygène.	28,163	27,235	28,062	28,54
Soufre.	»	»	»	0,38

GÉLATINE.

1107. Indépendamment de la chondrine, il existe une matière bien plus répandue et bien plus anciennement connue, et qui, formant aussi gelée par le refroidissement de sa dissolution, a reçu le nom de *gélatine*.

La gélatine prend souvent le nom de *colle forte*, dans le commerce, à raison de son emploi; elle contient, sous cette forme, des substances étrangères, auxquelles elle doit sa couleur qui est jaune, ou brun-foncé.

A l'état de pureté, la gélatine est incolore, transparente, dure et douée d'une cohérence grande, mais variable néanmoins en raison des tissus qui l'ont fournie. Elle est inodore et insipide. Sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau; elle ne réagit ni à la manière des acides, ni à la manière des alcalis. Lorsqu'on la chauffe, elle se ramollit, répand une odeur particulière, entre dans un état de demi-fusion, se colore, se boursoufle, et exhale alors l'odeur de la corne brûlée. A l'air, elle prend feu difficilement, fume, ne flambe que pendant quelques instants, et laisse un charbon boursoufflé, difficile à incinérer, dont la cendre consiste en phosphate de chaux. A la distillation sèche, la gélatine donne beaucoup d'ammoniaque, et fournit, en général, les produits ordinaires de la distillation des matières animales.

Elle se ramollit dans l'eau froide, se gonfle, devient opaque, mais ne s'y dissout pas. Aussi, fait-on tremper dans l'eau froide la colle forte concassée, pour la débarrasser des sels solubles qu'elle renferme, et qui en cristallisant lui font perdre de sa ténacité. Avec une quantité d'eau convenable, elle se dissout, à l'aide d'une douce chaleur. La dissolution limpide et incolore se prend, par le refroidissement, en une gelée transparente, dont la consistance varie, suivant le degré de concentration de la liqueur.

Les colles d'excellentes qualités absorbent ainsi jusqu'à six fois leur poids d'eau, sans se dissoudre, et en prenant l'aspect et l'apparence d'une gelée. Les colles du commerce absorbent environ trois fois leur poids d'eau. Celles qui en prennent moins sont de qualité inférieure, celles qui sont solubles à froid doivent être rejetées.

Un liquide qui ne contient qu'un centième ou au plus un centième et demi de son poids de gélatine, peut encore se prendre en gelée, mais quand il n'en contient qu'un cent cinquantième, il devient seulement gélatineux, sans se solidifier, à proprement parler. Ces phénomènes varient avec la température. En hiver, la gelée est bien plus disposée à prendre qu'en été. Si la dissolution de la gélatine s'effectue trop facilement, la gelée qu'on obtient est moins ferme. En outre, le résultat varie, tant pour les divers tissus, que pour la gélatine provenant d'un même tissu, pris sur des animaux d'âges divers.

Il varie aussi en raison du soin qu'on a mis à la préparation de la gélatine; quand sa dissolution a été exposée à une température supérieure à 100°; quand elle commence à devenir aigre, elle perd en partie la propriété de se prendre en gelée. Il en est de même, lorsqu'on fait chauffer et refroidir à plusieurs reprises sa dissolution. Si on laisse de la gélatine à l'air libre pendant longtemps, à une température de 16 à 20°, elle devient ammoniacale et se putréfie en répandant une odeur très fétide. L'addition d'une certaine quantité d'acide acétique prévient la putréfaction, sans détruire la force collante.

4108. Dans l'histoire de la gélatine, on confond involontairement trois produits, différents sous le rapport de l'action de l'eau : 1° Les tissus animaux desquels on extrait la gélatine; 2° la dissolution qu'ils fournissent, et qui se prend en gelée par le refroidissement; 3° la gélatine pro-

Digitized by Google

prement dite. Ces trois matières ont certains caractères communs sans aucun doute, et s'unissent, par exemple, toutes trois au tannin, mais elles diffèrent pourtant à certains égards.

Ainsi, qu'on fasse bouillir un tissu avec de l'eau, et qu'on laisse la liqueur former gelée, et l'on aura une matière qui ne pourra pourtant pas être employée utilement comme colle. Mais qu'on fasse évaporer et dessécher cette gelée, et qu'on la redissolve ensuite, et elle produira une bonne colle. On trouvera même de l'avantage à faire ainsi évaporer et redissoudre plusieurs fois la même colle ; elle gagnera par ces opérations en ténacité et en adhésion.

Ainsi, on peut dire avec M. Gannal que le tissu animal, la gelée qui en provient, la colle que celle-ci lui fournit, sont trois choses à distinguer.

De plus, parmi les tissus animaux, il en est qui fournissent une gelée manifestement impropre à se convertir en colle forte. D'autres fournissent des gelées qui conservent certains caractères d'organisation qui leur assignent des qualités spéciales. Ainsi, rien n'autoriserait à confondre les produits obtenus au moyen des pieds de veau, ceux que donne la matière animale des os, et ceux qu'on retire de la colle de poisson.

La colle de poisson fournit une gélatine qu'on regarde comme organisée, et qui par suite demeure en suspension plutôt qu'elle n'est dissoute dans l'eau.

La gelée des pieds de veau est de son côté très-peu adhésive et perd toute propriété collante par des évaporations successives.

Il faut conclure de là que l'étude de la gélatine, et surtout celle de ses variétés, reste à entreprendre, et qu'elle pourra jeter un grand jour sur des questions encore indécises.

4109. La gélatine n'est pas sensiblement soluble dans l'alcool, et quand on en verse dans sa dissolution tiède et un peu concentrée, elle se coagule en une masse blanche, cohérente, élastique et un peu fibreuse. Celle-ci adhère au vase avec beaucoup de force. Elle se ramollit dans l'eau froide, comme la gélatine sèche, sans s'y dissoudre. En évaporant l'alcool, il reste pour résidu un faible enduit transparent, très-soluble dans l'eau froide, mais qui ne peut pas se prendre en gelée. La gélatine ordinaire, sèche, traitée par l'alcool, lui abandonne une certaine quantité de matière

Digitized by Google

tion fort remarquable à la gélatine, qu'il convertit en sucre de gélatine, leucine, etc.

L'acide nitrique convertit la gélatine, avec le secours de la chaleur, en acide oxalique.

L'acide acétique concentré rend la gélatine ramollie transparente, et la dissout ensuite ; la dissolution ne se prend point en gelée, mais conserve la propriété de coller. Les acides étendus n'empêchent pas, du reste, la gélatine de se prendre en gelée par le refroidissement.

4112. Les alcalis en dissolution étendue, et l'ammoniaque même concentrée, ne lui enlèvent pas la propriété de se prendre en gelée, mais troublent sa dissolution, en y faisant naître un précipité de phosphate de chaux. La gélatine ramollie se dissout à la température ordinaire, dans une dissolution concentrée de potasse caustique, en laissant un résidu blanc, qui est principalement composé de phosphate de chaux. Si l'on sature exactement la dissolution avec de l'acide acétique, et qu'on l'évapore, elle ne se prend point en gelée ; la gélatine altérée et combinée avec de l'acétate de potasse qui reste après l'évaporation, est soluble dans l'alcool. L'acide sulfurique précipite de cette dissolution, du sulfate de potasse combiné avec la gélatine altérée ; et si l'on dissout le précipité dans de l'eau, et qu'on abandonne la liqueur à l'évaporation spontanée, elle cristallise jusqu'à la dernière goutte. La dissolution aqueuse du sel est précipitée abondamment par l'infusion de noix de galle, par le chlorure de mercure et par le sulfate de sesquioxyde de fer.

Lorsqu'on fait bouillir de la gélatine avec de la potasse caustique, il se dégage une grande quantité d'ammoniaque, et cette substance se trouve ainsi transformée en un mélange d'environ quatre parties de sucre de gélatine et une partie de leucine. Il faut continuer l'ébullition, tant qu'il se dégage de l'ammoniaque. On neutralise ensuite exactement la liqueur par de l'acide sulfurique ; on évapore à siccité, puis on épuise par de l'alcool à 0.83 bouillant. Il reste pour résidu du sulfate de potasse. On évapore au bain-marie la dissolution alcoolique jusqu'à siccité, et on traite le résidu par de petites quantités d'alcool à 0,82 ; la leucine, plus soluble, est entraînée par ce véhicule, tandis qu'on obtient pour reste le sucre de gélatine, qu'on purifie à l'aide de plusieurs cristallisations.

Digitized by Google

L'hydrate de chaux n'altère point la dissolution de gélatine, qui en dissout beaucoup.

4113. Elle se combine avec plusieurs sels. Sa dissolution dissout une assez grande quantité de phosphate de chaux récemment précipité : c'est pour cela qu'on trouve souvent tant de ce sel dans la colle du commerce.

La dissolution de gélatine n'est précipitée, soit à chaud soit à froid, ni par une dissolution d'alun ordinaire, ni par celle à laquelle on a ajouté assez d'alcali pour qu'il commence à s'y former un précipité permanent de sous sulfate d'alumine. Mais par l'addition d'un alcali, le sous-sulfate d'alumine qui se précipite ressemble à de l'alumine pure, mais contient de la gélatine.

Le sulfate de fer neutre n'est pas troublé par la dissolution de gélatine ; mais si l'on y ajoute d'abord de l'ammoniaque de manière à obtenir une liqueur d'un rouge foncé intense, celle-ci précipite la colle sous la forme d'un caillot épais, visqueux et rouge-clair. La gélatine ramollie et plongée dans une pareille dissolution, durcit, prend une teinte rouge, et devient transparente. Si on mêle une dissolution neutre de sulfate de peroxyde de fer avec une solution de gélatine, il se précipite, à la faveur de l'ébullition, une combinaison de cette substance avec du sous-sulfate de fer, en flocons d'un rouge jaune.

L'acétate de plomb neutre et le sous-acétate de plomb ne précipitent pas la dissolution de gélatine.

Si l'on mêle peu à peu une dissolution de gélatine à une dissolution de bichlorure de mercure, il se produit un trouble qui disparaît promptement. Cet effet continue jusqu'à ce qu'on ait ajouté une certaine quantité du réactif, qui, à dose plus forte, précipite la gélatine tout à coup, sous la forme d'un caillot blanc, cohérent et très-élastique. On obtient des précipités analogues avec les nitrates de protoxyde et de peroxyde de mercure, et avec le chlorure d'étain.

Les dissolutions d'argent et d'or ne précipitent pas la gélatine ; mais avec le concours de la lumière solaire, une certaine quantité du métal se réduit. La gélatine est précipitée par le sulfate de platine en flocons bruns et visqueux, qui noircissent sur le filtre, et sont ensuite faciles à pulvériser. H. Davy regarde ce sel comme un réactif certain pour reconnaître la gélatine.

Digitized by Google

4114. Il résulte des expériences de M. Mulder que le tannin peut former plusieurs combinaisons stables avec la gélatine. Lorsqu'on ajoute de la colle de poisson pure à une solution d'acide tannique pur, il se précipite une combinaison neutre renfermant un atome de gélatine, un atome d'acide tannique et deux atomes d'eau. Ce composé se présente sous la forme de flocons blancs caséiformes, qui, par la dessiccation, prennent une couleur d'un jaune brun, s'agglutinent et forment une masse dure, cassante et facile à réduire en poudre.

Mais ce n'est pas là la seule combinaison qu'on puisse se procurer. Ainsi, d'après H. Davy, 100 parties de la combinaison de gélatine avec du tannin de chêne, contiennent 54 parties de gélatine et 46 de tannin, ou 100 de la première, et 85,2 du second. M. Schiébel, qui a obtenu presque le même résultat, dit que 100 parties de gélatine dissoute, précipitées avec un grand excès d'une dissolution d'une partie d'extrait d'écorce de chêne dans 9 parties d'eau, se combinent avec 118,5 parties de tannin. Lorsque au contraire, il vient à mêler une dissolution très-étendue d'extrait d'écorce de chêne avec la dissolution de gélatine, sans précipiter toute cette dernière, il se forme un précipité qui se dépose lentement, et qui contient, sur 100 parties de gélatine, 59,25 de tannin.

La gélatine s'était donc combinée dans ces précipités avec des quantités diverses de tannin, qui sont entre elles comme 1,3/2, et 2.

La gélatine absorbe d'autres quantités des autres sortes de tannins, mais jamais au-dessous de 60 pour 100, lorsque la liqueur précipitée contient du tannin en excès.

Il serait pourtant important pour les recherches relatives à la chimie animale, de pouvoir séparer le tannin et la gélatine l'un de l'autre, mais on n'y parvient pas. Une dissolution étendue, tant d'alcali caustique que de carbonate alcalin, en extrait beaucoup de tannin, et laisse des masses gélatiniformes, mucilagineuses, gonflées, qui, à l'aide de la chaleur, se dissolvent dans l'alcali comme la gélatine. Après les avoir séparées, on trouve que l'alcali s'est emparé d'une certaine quantité de gélatine, et si l'on fait digérer les masses en question avec de l'eau, celle-ci dissout un peu de gélatine, tandis que le reste se convertit en la combinaison de gélatine et de tannin si lente à se déposer dont

Digitized by Google

il a été parlé plus haut. La gélatine possède la composition suivante d'après M. Mulder :

Carbone	50,07
Hydrogène	6,25
Azote	19.32
Oxygène	24,36
	100,00

La plupart des tissus, les tendons, les membranes, présentent, d'après M. Schérer, une composition qui se rapproche tellement de celle que M. Mulder a trouvée pour la gélatine, que la différence peut bien être attribuée à la présence des vaisseaux et des nerfs qui font toujours partie des tissus, et dont la quantité, quelque petite qu'elle soit, peut exercer une influence sur les résultats de l'analyse.

Voici les nombres de M. Schérer :

	TENDON du pied d'un veau.	COLLE de poisson non bouillie.	SCLÉROTIQUE	COLLE de M. Mulder.
Carbone	50,774	50,557	50,995	50,048
Hydrogène	7,162	6,903	7,075	6,447
Azote	18,320	18,790	18,723	18,350
Oxygène	23,754	23,750	23,207	25,125

L'analyse élémentaire des tissus cornés a conduit aux résultats suivants :

	ÉPIDERME de la plante des pieds.	ONGLES.	CHEVEUX.	LAINE.	CORNE de buffle.	MEMBRANE qui tapisse les œufs à l'intérieur.
Carbone	50,752	51,089	50,622	50,653	51,540	50,674
Hydrogène	6,761	6,824	6,613	7,029	6,779	6,668
Azote	17,245	16,901	17,836	17,710	17,281	16,761
Oxygène	25,262	25,186	24,829	24,608	24,397	25,957

D'après M. Schérer, lorsqu'on dissout le tissu corné dans la potasse caustique, il se convertit en protéine en dégageant de l'ammoniaque. Il se dégage de l'acide sulfhydrique dans cette opération. Si l'on soumet la liqueur rendue

Digitized by Google

acide et filtrée à la distillation, le produit distillé contient de l'acide acétique.

L'analyse des plumes a conduit M. Schérer à une composition différente de celle des tissus cornés :

	Barbes de plumes.	Tuyau de plumes.
Carbone.....	52,470	52,427
Hydrogène.....	7,110	7,213
Azote.....	17,682	17,893
Oxygène.....	22,438	22,467

La membrane fibreuse et élastique des artères a donné à l'analyse :

Carbone.....	53,750	53,393
Hydrogène.....	7,079	6,973
Azote.....	15,360	15,760
Oxygène.....	23,811	24,274

Ainsi, 1 at. de protéine, en s'associant les éléments de 2 at. d'eau, peut fournir la membrane fibreuse des artères.

SUCRE DE GÉLATINE.

4115. M. Braconnot, à qui l'on doit la découverte de ces produits, fit digérer pendant vingt-quatre heures 12 gr. de gélatine réduite en poudre avec un poids double d'acide sulfurique concentré ; au bout de ce temps, la couleur du liquide ne s'était point foncée ; il ajouta alors un décilitre d'eau et fit bouillir le mélange pendant cinq heures ; en ayant soin de renouveler l'eau de temps en temps. La liqueur, convenablement étendue, saturée avec de la craie, filtrée et évaporée, fournit un sirop qui, abandonné à lui-même pendant un mois, produit des cristaux grenus fortement adhérents au fond du vase, et doués d'une saveur sucrée très marquée. En lavant ces cristaux avec de l'alcool affaibli, afin de les débarrasser du sirop dont ils sont imprégnés, on les obtient presque purs. On peut, du reste, les purifier complètement en leur faisant subir une ou deux cristallisations.

Le sucre de gélatine cristallise assez facilement en mamelons grenus, dès que sa dissolution est concentrée par la chaleur ; presque toujours, il se forme immédiatement à sa surface une pellicule cristalline. Lorsque l'évaporation se fait lentement, on obtient des cristaux grenus très durs, croquant sous la dent et affectant la forme de prismes aplatis ou de tables groupées. Sa saveur sucrée est

Digitized by Google

à peu près égale à celle du sucre de raisin. Sa solubilité dans l'eau le rapproche du sucre de lait. Sa dissolution ne donne, avec la levûre de bière, aucun indice de fermentation. Il est insoluble dans l'alcool. Soumis à la distillation, il donne un léger sublimé blanc et des produits ammoniacaux. Ce produit, qui, par quelques caractères extérieurs, semble se rapprocher du sucre de lait, en diffère entièrement par ses réactions, et notamment par celle de l'acide nitrique. Il ne se forme pas d'acide mucique, en effet, mais bien un acide particulier désigné par M. Braconnot sous le nom d'acide nitro-saccharique.

Après M. Braconnot, MM. Mulder et Boussingault se sont occupés de déterminer la composition du sucre de gélatine. Le dernier de ces chimistes a déduit de ses analyses la formule suivante :

C^{32}	34.00
H^{36}	6,36
Az^{8}	20,05
O^{14}	39,59
	100,00

Les combinaisons de ce sucre avec les oxydes de plomb et d'argent sont représentées par les formules suivantes :

$$C^{32}\ H^{30}\ Az^{8}\ O^{11},\ 4\ Ag\ O.$$
$$\text{Et } C^{32}\ H^{30}\ Az^{8}\ O^{11},\ 4\ Pb\ O.$$

La combinaison du sucre de gélatine avec l'oxyde de cuivre serait pareillement représentée par :

$$C^{32}\ H^{30}\ Az^{8}\ O^{11},\ 4\ Cu\ O.$$

Il suit de là que le sucre anhydre, tel qu'il existe dans les combinaisons précédentes, doit être représenté par :

C^{32}	37,55
H^{30}	5,86
Az^{8}	22,16
O^{11}	34,43
	100,00

Acide nitro-saccharique.

4116. L'acide nitro-saccharique se prépare en dissolvant le sucre de gélatine dans l'acide azotique faible. On chauffe légèrement, et par l'effet d'une évaporation ménagée on

Digitized by Google

voit apparaître des cristaux. Par le refroidissement, la dissolution se prend même en une masse cristalline que l'on soumet à la presse. On purifie l'acide en le faisant cristalliser à plusieurs reprises.

Pendant la dissolution du sucre dans l'acide azotique, on n'observe pas de dégagement sensible de gaz.

L'acide nitro-saccharique est très soluble dans l'eau ; sa saveur est acide en même temps que légèrement sucrée. L'acide séché dans le vide sec à la température ordinaire présente la composition suivante :

C^{32}.....	1200,0	17,35
H^{18}.....	300,0	4,32
Az^{16}	1416,4	20,48
O^{40}.....	4000,0	57,85
	6916,4	100,00

A 110° et dans un courant d'air sec longtemps continué, l'acide desséché dans le vide perd 4 1/2 pour 100 d'eau, mais il prend une légère teinte brune. D'après les analyses précédentes, on aurait, en retranchant cette eau :

C^{32}.....	1200,0	18,1
H^{42}.....	262,1	4,0
Az^{16}	4116,4	21,5
O^{37}.....	3700,0	56,4
	9278,5	100,0

Les nitro-saccharates d'argent et de potasse sont représentés par :

$$C^{32}\ H^{34}\ Az^{16}\ O^{53},\ 4\ Ag\ O$$
$$\text{Et } C^{32}\ H^{34}\ Az^{16}\ O^{53},\ 4\ K\ O.$$

Le nitro-saccharate de cuivre cristallise en aiguilles d'un bleu d'azur. Chauffé au-dessus de 160°, il détone. Dans ce sel, l'acide se trouve à l'état où il est après sa dessiccation dans le vide. Le sel de cuivre aurait alors pour formule :

$$C^{32}\ H^{18}\ Az^{16}\ O^{40},\ 8\ Cu\ O.$$

Il paraît évident que l'acide nitro-saccharique résulte de l'union directe du sucre de gélatine avec de l'acide azotique hydraté. Ainsi, la composition de l'acide nitro-saccharique cristallisé peut se représenter par :

$$C^{32}\ H^{26}\ Az^{8}\ O^{44},\ 4\ Az^{2}\ O^{5} + 8\ H^{2}\ O.$$

Digitized by Google

L'acide, tel qu'il existe dans les sels, peut s'exprimer par :

$$C^{32}\,H^{30}\,Az^{8}\,O^{11},\,4\,Az^{2}\,O^{5} + 2\,H^{2}\,O.$$

Les nitro-saccharates peuvent être envisagés soit comme la combinaison d'un azotate et de sucre de gélatine, soit comme la réunion d'un saccharate avec l'acide azotique : l'eau intervient dans tous les cas. On peut même préparer directement les nitro-saccharates en unissant le saccharate à l'acide azotique, ou les azotates au sucre de gélatine.

CHAPITRE III.

ACIDE URIQUE ET SES DÉRIVÉS.

4117. L'acide urique, déjà étudié par M. le docteur Prout, est devenu, entre les mains de MM. Wœhler et Liebig, le point de départ d'une multitude de combinaisons intéressantes dont nous allons offrir d'abord le tableau sommaire, avant de les étudier plus en détail. On suivra mieux, de la sorte, les relations qui lient ces corps entre eux et qui souvent sont fort compliquées.

L'*urée*, $C^{4}\,Az^{4}\,H^{8}\,O^{2}$, est une base faible qui reparaît sans cesse dans les réactions de ces divers corps. Elle ne s'unit aux acides, comme l'ammoniaque, qu'avec le concours d'un équivalent d'eau.

L'*acide oxalurique*, $C^{4}\,Az^{4}H^{8}\,O^{2}, C^{8}O^{6}$, que nous retrouverons plus loin comme un des produits de l'oxydation avancée de l'acide urique, peut, comme on le voit, se représenter par un équivalent d'urée et deux équivalents d'acide oxalique anhydre. On se ferait une idée de sa génération en se représentant du bioxalate d'urée, qui aurait perdu deux équivalents d'eau.

L'*acide cyanoxalique*, $\begin{matrix} C^{4}\,O^{2} \\ C^{4}\,Az^{2} \end{matrix}$, se représenterait par de l'acide oxalique dans lequel un équivalent d'oxygène serait remplacé par un équivalent de cyanogène. Ce corps n'a pas été isolé.

L'*acide urique*, $C^{4}\,Az^{4}\,H^{8}\,O^{2}$; $C^{8}\,O^{4}$, correspondrait à

$$C^{8}\,Az^{4}$$

Digitized by Google

l'acide oxalurique, les deux équivalents d'acide oxalique s'y trouvant remplacés par deux équivalents d'acide cyanoxalique.

La formule de l'acide urique se trouve donc représentée par $C^{20}\ Az^{8}\ H^{8}\ O^{6}$. Nous la doublerons pour la commodité des calculs suivants et nous représenterons l'acide urique, par $C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}\ O^{12}$.

L'*oxyde xanthique*, $C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}\ O^{8}$, sera donc de l'acide urique moins de l'oxygène; l'existence de ce corps ne s'accorde pas bien avec la formule rationnelle que nous venons de supposer pour l'acide urique; elle se comprendrait mieux en disant que l'acide urique et l'oxyde xanthique sont des degrés d'oxydation divers d'un radical commun :

$C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}$ radical.
$C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}\ O^{8}$ oxyde xanthique.
$C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}\ O^{12}$ acide urique.

L'*allantoïne*, $C^{24}\ Az^{12}\ H^{18}\ O^{9}$, s'accorde au contraire très bien avec cette formule, car elle se représente par de l'acide urique, qui aurait perdu deux équivalents d'acide cyanoxalique et gagné un équivalent d'eau. $C^{40}\ Az^{16}\ H^{16}\ O^{12} - C^{16}\ Az^{4}\ O^{4} + H^{2}\ O = C^{24}\ H^{12}\ H^{18}\ O^{9}$. L'allontoïne représenterait donc deux équivalents d'acide cyanoxalique, deux équivalents d'urée et un équivalent d'eau.

L'*acide allanturique*, $C^{20}\ Az^{8}\ H^{10}\ O^{7}$, viendrait également la confirmer, car il se représenterait par de l'allantoïne qui aurait perdu un équivalent d'urée et gagné deux équivalents d'eau, savoir : $C^{20}\ Az^{8}\ H^{10}\ O^{7} - C^{4}\ Az^{4}\ H^{8}\ O^{2} + H^{4}O^{2} = C^{20}\ Az^{8}\ H^{10}\ O^{7}$, qui, avec deux nouveaux équivalents d'eau, constitue l'acide hydraté $C^{20}\ Az^{8}\ H^{14}\ O^{9}$.

La *murexide*, $C^{20}\ Az^{8}\ H^{10}\ O^{7}$, pourrait se représenter comme un isomère de l'acide allanturique anhydre.

L'*alloxane*, $C^{8}\ Az^{4}\ H^{8}\ O^{10}$, nous offrirait le résultat d'un nouveau départ, car elle se représente par de l'acide allanturique qui aurait perdu le second équivalent d'urée, en gagnant trois équivalents d'eau et deux équivalents d'oxygène. Il reste donc dans l'alloxane le groupe $C^{16}\ Az^{4}\ O^{4}$, qui constitue l'acide cyanoxalique anhydre. En y ajoutant $H^{8}\ O^{4}$, on en ferait de l'acide cyanoxalique hydraté, mais l'intervention de O^{2} fait passer le corps à un autre type.

Digitized by Google

L'*acide alloxanique*, $C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10}$, constitue évidemment une simple modification isomérique de l'alloxane.

L'*alloxantine*, $C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10}$, H^2, peut être regardée comme un véritable hydrure d'alloxane. Cette manière de voir placerait l'alloxane parmi les corps disposés à jouer le rôle de radicaux et propres à fonctionner à la manière de l'oxygène.

L'*acide thionurique*, $C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10}$, $2\ S\ O^2$, $Az^2\ H^6$, semble propre à confirmer ce point de vue, car on y voit figurer l'acide sulfureux, dont on connaît la tendance à s'emparer de l'oxygène ou des corps analogues pour constituer de nouveaux acides. Ce corps pourrait être envisagé, toutefois, comme renfermant de l'acide sulfurique et de l'uramile ou un isomère de ce dernier corps.

L'*acide mycomélique*, $C^{16}\ Az^8\ H^{10}\ O^5$, représente de l'alloxane qui aurait perdu 5 équivalents d'eau et gagné 2 équivalents d'ammoniaque.

$$C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10} + Az^4\ H^{12} = C^{16}\ Az^8\ H^{10}\ O^5 + H^{10}\ O^5$$

L'*acide mésoxalique*, $C^6\ H^4\ O^6$ ou $C^{12}\ H^8\ O^{12}$, peut se dériver de l'alloxane qui aurait perdu un équivalent d'urée, en décomposant 4 équivalents d'eau.

$$C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10} + H^8\ O^4 = C^{12}\ H^8\ O^{12} + C^4\ Az^4\ H^8\ O^2$$

Ces deux corps prennent naissance à la fois, par la réaction de l'ammoniaque sur l'alloxane.

L'*uramile* se prépare au moyen de l'acide thionurique, et il suffit de comparer les deux formules pour voir que cet acide perd $2\ S\ O^3$, H^2O pour laisser l'uramile $C^{16}\ Az^6\ H^{10}\ O^5$.

L'*acide uramilique* se dérive, à son tour, de l'uramile, en doublant la formule, ajoutant 3 équivalents d'eau et soustrayant 1 équivalent d'ammoniaque, ce qui donne $C^{32}\ Az^{12}\ H^{20}\ O^{12} + H^6\ O^3 - Az^2\ H^6 = C^{32}\ Az^{10}\ H^{20}\ O^{15}$.

L'*acide dialurique*, enfin, parmi les composés bien définis de cette série, se rattache également à l'alloxane, d'où il dérive par voie de réduction. Il renferme, en effet, $C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^8$, et peut être considéré comme de l'alloxane qui aurait perdu 2 équivalents d'oxygène.

L'*acide parabanique*, $C^{12}\ Az^4\ H^4\ O^6$, dérive de l'alloxane, qui aurait perdu 2 équivalents d'acide carbonique et 2 équivalents d'eau, et qui aurait gagné 2 équivalents d'oxygène.

Digitized by Google

L'acide parabanique, en fixant 2 équivalents d'eau, sous l'influence des alcalis, se convertit immédiatement en acide oxalurique $C^{12} Az^4 H^8 O^8$.

En décomposant les formules de ces deux acides,

$C^4 Az^4 H^6 O^2$, $C^8 O^6$ acide oxalurique,
$C^4 Az^4 H^4 O^2$, $C^8 O^4$ acide parabanique,

on voit facilement que si le premier peut être considéré comme renfermant de l'urée et de l'acide oxalique, le second ne peut plus contenir d'urée et devrait renfermer un isomère de l'oxyde de carbone, analogue au radical formique.

On se ferait, du reste, une plus juste idée de ces corps en écrivant :

Bioxalate d'urée...	$C^{12} Az^4 H^{10} O^{10} - H^4 O^2 =$
Acide oxalurique.	$C^{12} Az^4 H^8 O^8 - H^4 O^2 =$
Acide parabanique.	$C^{12} Az^4 H^4 O^6$

Et par analogie :

Bicyanoxalate d'urée.	$C^{20} Az^8 H^{12} O^8 - H^2 O =$
Acide allanturique...	$C^{20} Az^8 H^{10} O^7 - H^2 O =$
Acide urique.....	$C^{20} Az^8 H^8 O^6$

Bien entendu que dans cet exposé rapide, nous avons négligé nombre d'équations qui établissent entre ces divers corps des rapports curieux et importants; mais on les trouvera dans le développement des articles qui suivent :

ACIDE URIQUE.

Schéele, *Mémoires*.
Bergman, *id.*
Pearson, *Ann. de chim.*, t. 26, p. 113.
Fourgroy et Vauquelin, *Ann. de chim.*, t. 30, p. 58.
Prout, *Ann. de chim.*, t. 96, p. 55. — *Ann. de chim. et de phys.*, t. 11, p. 48.
Wollaston, *Transact. philosoph.*
Liebig, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 55, p. 56.
Woehler et Liebig, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 68, p. 225,
Fritsche, *Ann. der chem. und pharm.*, t. 28, p. 232 et t. 29, p. 331.

Digitized by Google

4118. La découverte de l'acide urique est due à Scheele, qui désigna cet acide sous le nom d'acide lithique.

Sa composition, d'après les analyses de MM. Wœhler et Liebig, est représentée par la formule :

$$C^{20}\,H^{8}\,Az^{8}\,O^{6}$$

qui donne :

C^{20}.....	764,35	36,00
Az^{8}.....	708,16	33,37
H^{8}.....	49,91	2,36
O^{6}.....	600,00	28,27
1 atome acide urique..	2122,42	100,00

Cette composition est aussi celle de l'acide urique à l'état de combinaison dans les sels qu'il forme avec les bases : il s'unit, en effet, à ces dernières sans abandonner d'eau de constitution, circonstance tout à fait anomale dans l'histoire des acides organiques. Nous verrons plus loin comment on peut se rendre compte de cette circonstance.

L'acide urique fait partie de la sécrétion urinaire d'un grand nombre d'animaux. A l'état normal, on le rencontre toujours en petite quantité dans l'urine de l'homme ; il se dépose ordinairement sous la forme d'une poudre jaune ou jaune-rougeâtre, lorsque l'urine se refroidit.

Une production exagérée d'acide urique détermine dans les reins ou dans la vessie la formation de calculs dus au peu de solubilité de cet acide. Il s'y retrouve, soit à l'état libre, soit plus rarement à l'état de combinaison avec l'ammoniaque. Presque tous les calculs du rein chez l'homme sont formés exclusivement d'acide urique. Il en est de même du noyau des calculs de la vessie. Mais ces premiers dépôts deviennent des centres d'attraction autour desquels viennent se grouper à leur tour les phosphates terreux et les divers sels minéraux ou à base minérale que l'urine contient ou qui se forment dans ce liquide par double décomposition.

Uni à la soude, l'acide urique constitue les concrétions, qui se déposent dans les articulations des goutteux ; sa présence y a été reconnue par Wollaston.

L'acide urique est donc sécrété par l'homme ; mais il l'est bien plus essentiellement par les oiseaux, les ser-

Digitized by Google

pents, les sauriens, les mollusques gastéropodes et les insectes.

La substance blanche qui caractérise les excréments des oiseaux est en grande partie formée d'acide urique. Ainsi, le *guano* que l'on rencontre à la surface de plusieurs îlots de la mer du Sud, et qui est exploité comme engrais, n'est pour ainsi dire que de l'urate d'ammoniaque provenant d'excréments d'oiseaux.

Les urines blanches et boueuses rendues par les serpents contiennent une quantité considérable d'acide urique. Brugnatelli l'a rencontré dans les excréments des vers à soie, et Robiquet dans les cantharides.

Au point de vue de la physiologie, l'étude de l'acide urique offre donc de l'importance. Cet acide doit être envisagé comme le produit d'une combustion moins avancée que l'urée, qui, on le sait, est l'un des derniers termes de la combustion des matières azotées assimilables, puisqu'elle est pour ainsi dire représentée par de l'acide carbonique et de l'ammoniaque. Il faut donc s'attendre à voir l'acide urique se développer de préférence chez les animaux à sang froid, c'est-à-dire chez ceux qui dans un temps donné développent beaucoup moins de chaleur que les animaux dits à sang chaud. Néanmoins, chez ces derniers l'acide urique pourra apparaître en quantité assez notable, sous l'influence d'une alimentation azotée surabondante et par le défaut de mouvement; en un mot, dans toutes les conditions où la quantité de carbone brûlé dans un temps donné et pour une même dose d'aliments ingérés, vient à décroître.

Les effets que nous venons de citer s'accomplissent fréquemment sous nos yeux chez l'homme. Une sage thérapeutique avait même prescrit le régime destiné à combattre le danger d'une production exagérée d'acide urique, avant que l'application raisonnée de la chimie à la physiologie eût éclairé ces phénomènes. Les prescriptions des médecins sont, en effet, l'exercice, la diète et l'ingestion des carbonates alcalins.

Sous l'influence d'un régime alimentaire insuffisant, et à la suite d'un exercice immodéré, de marches forcées, par exemple, on a constaté, en effet, l'existence de phénomènes inverses et très-remarquables. Non-seulement, l'acide uri-

Digitized by Google

que cesse de se produire; mais l'urine, acide ordinairement, devient alors alcaline.

Le fait de la présence de l'acide urique dans les excréments des oiseaux qui possèdent une température propre très élevée, pourrait au premier abord sembler en contradiction avec les principes que nous venons de poser; mais, on pourra s'expliquer cette anomalie apparente, en se rappelant que le sang des oiseaux charrie proportionnellement bien plus de matériaux solides destinés à la combustion que le sang de la plupart des mammifères.

4119. L'acide urique s'extrait avec facilité des calculs urinaires de l'homme ou des excréments des serpents : il suffit de traiter ces matières, préalablement broyées, par une lessive faible de potasse ou de soude, en opérant à chaud; la liqueur filtrée fournit un précipité d'acide urique, lorsqu'on y ajoute un excès d'acide hydrochlorique. Le précipité offre d'abord des flocons qui se contractent ensuite peu à peu, et qui affectent alors l'aspect de petites paillettes brillantes. Lorsqu'on tient à l'avoir bien pur, le mieux est de préparer d'abord de l'urate de potasse cristallisé; on précipite ensuite l'acide urique de la dissolution bouillante et saturée du sel de potasse, au moyen de l'acide hydrochlorique. On le lave et on le dessèche.

Lorsqu'on veut extraire l'acide urique des excréments d'oiseaux, de ceux des pigeons par exemple, excréments où l'acide urique est accompagné d'autres matières, on conseille, dans ce cas, d'employer le borax comme dissolvant. De cette façon, on ne dissout presque pas de matières animales étrangères.

L'acide urique obtenu par ces procédés est solide, blanc, insipide, inodore, ; il cristallise en paillettes satinées; exposés à 100°, ces cristaux n'éprouvent aucune perte de poids.

M. Fritsche a remarqué récemment que l'acide urique peut cristalliser en retenant de l'eau de cristallisation. Lorqu'on précipite un urate alcalin par un acide et qu'on expose la dissolution dans un endroit froid, l'acide urique se dépose à l'état de cristaux blancs pailletés de quelques millimètres de long. Ces cristaux perdent rapidement leur eau à la température ordinaire. La perte d'eau correspond à 2 atomes ou à 17,5 pour 100.

L'acide urique jouera le rôle d'un acide très faible.

Digitized by Google

L'eau à la température de 15° ne dissout que la 1720me partie de son poids d'acide urique; la liqueur rougit à peine le tournesol; à la température de l'ébullition, elle en prend la 1130me partie, et la dépose par le refroidissement sous forme d'écailles cristallines; l'alcool n'en dissout pas la moindre trace. L'acide sulfurique concentré dissout l'acide urique; ce dernier se sépare quand on étend la liqueur d'eau.

Lorsqu'on soumet l'acide urique à l'action de l'acide nitrique, il s'y dissout avec effervescence; les produits qui prennent naissance sont nombreux et complexes; ils varient avec le degré de concentration de l'acide et avec la température; ils seront examinés plus loin. La liqueur provenant de l'action de l'acide urique sur l'acide nitrique, étant concentrée, jouit de la propriété de développer une couleur rouge-pourpre lorsqu'on la traite par l'ammoniaque. Cette réaction est tout à fait caractéristique, et l'on y a constamment recours lorsqu'on veut reconnaître la présence de l'acide urique. Nous nous bornons à la signaler pour le moment; nous reviendrons sur les réactions chimiques qui s'accomplissent dans cette circonstance.

Lorsqu'on expose l'acide urique avec un peu d'eau à une température de 100°, en ayant soin d'opérer dans un tube scellé à la lampe, il se liquéfie; par le refroidissement, cette liqueur se prend en une masse gélatineuse jaunâtre; retirée du tube, cette matière se dissout dans l'eau à froid et à chaud. Les alcalis en dégagent de l'ammoniaque, et les acides font naître un précipité gélatineux : traitée par l'acide nitrique, elle fournit au contact de l'ammoniaque la même coloration pourpre que l'acide urique.

Soumis à la distillation sèche dans une cornue de verre, l'acide urique sec se décompose; il ne passe aucune matière condensable à l'état liquide dans le récipient. Les gaz sont peu abondants, ainsi que le résidu charbonneux que l'on trouve dans la cornue; on sent une odeur prononcée d'acide cyanhydrique. Le sublimé jaunâtre est en grande partie cristallin; il consiste en urée dont la présence est due à la formation du cyanate d'ammoniaque qui se développe, et en cyamélide ou acide cyanurique insoluble. Fondu avec de l'hydrate de potasse, l'acide urique fournit du carbonate de potasse, du cyanate de potasse et du cyanure de potassium.

Digitized by Google

Mais presque toutes les réactions que nous venons d'énumérer sont le résultat d'une décomposition assez avancée de l'acide urique. Arrêtons-nous maintenant à une réaction importante qui s'effectue sous l'influence de forces oxydantes peu énergiques, et qui a paru de nature à jeter un jour très vif sur la constitution même de l'acide urique.

4120. En chauffant, jusqu'à l'ébullition, de l'eau tenant en suspension de l'acide urique à l'état de bouillie claire, et en y ajoutant, peu à peu, de l'oxyde puce de plomb en poudre fine, il se dégage de l'acide carbonique avec effervescence. La masse s'épaissit et la coloration du peroxyde disparaît; on continue la réaction, en ajoutant de l'eau et de l'oxyde puce, tant qu'il y a décoloration. La liqueur filtrée dépose des cristaux blancs formés par l'allantoïne que Vauquelin avait découverte dans l'eau de l'amnios de la vache. Les eaux mères épuisées d'allantoïne fournissent de l'urée cristallisée; enfin, le sel de plomb qui prend naissance n'est autre que de l'oxalate de plomb. D'après l'analyse de l'allantoïne et la détermination de sa capacité de saturation exécutées par MM. Wœhler et Liebig, la réaction qui précède s'explique facilement, en admettant que l'urée préexiste dans l'acide urique.

Si d'un équivalent d'acide urique $C^{20}\ H^8\ Az^8\ O^6$
on retranche un équivalent d'urée $C^2\ H^8\ Az^4\ O^2$

Il reste : $C^{18}\ Az^4\ O^4$

qui représentent les éléments de 2 équivalents de cyanogène et de 2 équivalents du radical oxalique. Cette dernière combinaison ne pouvant exister isolée, fournit, sous l'influence de l'oxygène et de l'eau, de l'acide oxalique et de l'allantoïne en vertu de l'équation suivante :

$$(C^8\ Az^4 + C^8\ O^4) + 3\ H^2\ O + O^2 = \underset{\text{Allantoïne.}}{C^8\ Az^4\ H^6\ O^3} + \underset{\text{Ac. oxalique.}}{C^{10}\ O^{12}}$$

L'acide carbonique qui se dégage est un produit secondaire qui résulte de la décomposition de l'oxalate de plomb.

MM. Wœhler et Liebig s'appuient principalement sur cette réaction pour envisager l'acide urique comme une combinaison qui renferme de l'urée toute formée et unie au

Digitized by Google

composé hypothétique $C^8\,Az^2\,O^2$, désigné plus haut sous le nom d'*acide cyanoxalique*.

On aurait donc la formule rationnelle

$$2\,Ul + C^4\,H^8\,Az^4\,O^2$$

pour représenter l'acide urique en désignant par Ul l'équivalent de l'acide cyanoxalique.

L'acide urique deviendrait ainsi une espèce de sel acide d'urée pouvant se combiner avec un équivalent de base minérale pour constituer les urates.

On pourrait faire, à cette manière de voir, l'objection que l'urée, en se combinant avec les acides, fixe toujours les éléments d'un atome d'eau, ainsi que l'a constaté M. Regnault.

On pourrait objecter, en outre, que l'allantoïne fournit elle-même de l'urée sous l'influence des corps oxydants; de sorte qu'il demeure incertain si, dans l'action du peroxyde de plomb sur l'acide urique, l'urée ne serait pas un produit secondaire.

Quoi qu'il en soit, MM. Wœhler et Liebig considèrent ces réactions et l'hypothèse qu'elles leur ont suggérée, comme donnant la clef des phénomènes autrefois si obscurs de l'action de l'acide nitrique sur l'acide urique, phénomènes que nous passerons en revue plus bas, en suivant l'ordre des faits exposés par les auteurs.

4121. *Urates.* Les urates alcalins, même ceux de potasse et de soude, sont peu solubles dans l'eau froide, très solubles dans l'eau bouillante. L'eau avec excès d'alcali les dissout plus facilement que l'eau pure; les urates d'ammoniaque et des oxydes métalliques sont insolubles; les acides faibles et même l'acide acétique précipitent l'acide urique des urates solubles.

L'urate de potasse a pour formule:

$$C^{20}\,H^8\,Az^8\,O^6,\,KO;$$

celui de soude:

$$C^{20}\,H^8\,Az^8\,O^6,\,Na\,O.$$

Allantoïne.

VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, t. 33, p. 279.
LASSAIGNE, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 17, p. 300.
LIEBIG, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 42, p. 186.

Digitized by Google

WOEHLER et LIEBIG, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 48, p. 225.

4122. Le nom d'*acide allantoïque* avait été donné par Vauquelin et Buniva à une substance cristalline découverte par eux dans l'eau de l'*amnios* de la vache. MM. Wœhler et Liebig, qui ont reproduit cette substance artificiellement et qui ont étudié ses propriétés, l'ont appelée *allantoïne*, parce qu'elle ne présente pas les caractères d'un acide véritable. Sa composition est représentée par :

C^8.....	305,7	50,66
H^6.....	37,4	3,73
Az^4.....	354,1	35,50
O^3.....	300,0	30,09
1 at. allantoïne	997,2	100,00

Cette formule est telle qu'elle contient les éléments de 4 atomes de cyanogène et de 3 atomes d'eau.

Lorsqu'on évapore la liqueur allantoïque de la vache, jusqu'au quart de son volume primitif, on peut en retirer par le refroidissement l'allantoïne cristallisée. On la purifie par le charbon animal et par une nouvelle cristallisation.

MM. Wœhler et Liebig ont obtenu, comme nous l'avons dit, l'allantoïne par la réaction de l'oxyde puce de plomb sur l'acide urique (4120).

1 atome d'acide urique avec 2 atomes d'oxygène fourni par l'oxyde de plomb et 3 atomes d'eau, donnent 2 atomes d'acide oxalique qui demeure combiné avec l'oxyde de plomb, et de plus 1 atome d'urée ainsi que 1 atome d'allantoïne.

Nous n'ajouterons rien à ce que nous avons dit sur sa préparation fondée sur cette réaction.

L'allantoïne cristallise en prismes blancs d'un éclat vitreux. Elle est insipide, ne rougit pas le tournesol, exige 160 parties d'eau froide pour se dissoudre, mais moins d'eau bouillante.

Les propriétés chimiques de l'allantoïne ne justifient pas la dénomination d'acide qui lui a été donnée par Vauquelin. Elle se dissout, il est vrai, dans les alcalis caustiques, mais elle cristallise sans altération, au milieu de ces dissolutions.

MM. Wœhler et Liebig ont analysé une combinaison d'allantoïne et d'oxyde d'argent obtenue en versant une

Digitized by Google

dissolution d'allantoïne dans de l'azotate d'argent, auquel on ajoute goutte à goutte de l'ammoniaque.

Cette combinaison serait représentée par la formule :

$$C^{16}\,H^{10}\,Az^{8}\,O^{5},\ Ag\ O,$$

qui contiendrait 2 atomes d'allantoïne, et dans laquelle 1 atome d'eau se trouverait remplacé par 1 atome d'oxyde d'argent. Ce résultat semblerait conduire à doubler la formule précédente de l'allantoïne.

L'allantoïne contient les éléments de l'oxalate d'ammoniaque anhydre, moins 3 atomes d'eau. Sous ce point de vue, on se rend compte de sa décomposition en acide oxalique et en ammoniaque sous l'influence des liqueurs alcalines bouillantes.

Acide allanturique.

Pelouze. *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. VI, p. 70.

4123. L'allantoïne, chauffée avec de l'acide nitrique à 1,2 ou 1,4 de densité, s'y dissout, et la liqueur dépose par le refroidissemet des cristaux de nitrate d'urée. Il ne se dégage aucun gaz. Lorsqu'on évapore la dissolution nitrique de l'allantoïne à 100°, et qu'on reprend par l'eau et un peu d'ammoniaque, on obtient par l'addition de l'alcool une matière blanche que l'on peut purifier en la redissolvant dans l'eau et précipitant de nouveau par l'alcool. Cette substance est l'acide allanturique, auquel M. Pelouze attribue la formule :

$$C^{24}\,H^{14}\,Az^{8}\,O^{9}.$$

C'est de l'acide urique plus 3 équivalents d'eau.

Cet acide précipite les dissolutions de plomb et d'argent. M. Pelouze a constaté que ce même acide se forme encore quand on décompose l'urée ou l'allantoïne par l'oxyde puce de plomb.

Si de 3 atomes d'allantoïne $C^{24}\,H^{18}\,Az^{12}\,O^{9}$, on retranche 1 atome d'urée $C^{4}\,H^{8}\,Az^{4}\,O^{2}$; et qu'on ajoute au reste 2 équivalents d'eau, on a 1 équivalent d'acide allanturique hydraté $C^{20}\,H^{4}\,Az^{8}\,O^{9}$.

L'eau, en agissant à une température élevée sur l'allantoïne, peut également donner naissance à l'acide allanturique avec production d'ammoniaque et d'acide carbonique.

Digitized by Google

Alloxane.

4124. L'alloxane n'est pas autre chose que le produit déjà décrit par Brugnatelli sous le nom d'acide érythrique.

Sa nature se représente facilement, au moyen de deux équivalents d'acide oxalique anhydre et d'un équivalent d'allantoïne. On a ainsi $C^8 O^6$, $C^8 Az^4 H^6 O^8$. D'où il suit que l'alloxane correspond réellement à de l'acide oxalurique où l'urée est remplacée par de l'allantoïne.

MM. Vœhler et Liebig l'ont obtenu dans la décomposition de l'acide urique par l'acide azotique.

Sa composition est représentée par :

C^{16}	611,48	30,34
Az^4	354,08	17,53
H^8	49,91	2,47
O^{10}	1000,00	49,64
1 atome alloxane....	2015,47	100,00

Pour préparer l'alloxane, il faut ajouter à une partie d'acide urique quatre parties d'acide azotique de 1,4 à 1,5 de densité, par petites portions à la fois. L'acide urique se dissout avec effervescence ; il faut éviter que le mélange ne s'échauffe, et pour cela refroidir le vase et éviter d'ailleurs d'opérer sur une trop grande masse ; on obtient des cristaux blancs grenus dont la quantité augmente bientôt, au point que la liqueur se prend en masse ; on décante alors et on purifie par de nombreuses cristallisations dans l'eau bouillante.

Les cristaux d'alloxane obtenus par le refroidissement d'une liqueur non saturée peuvent acquérir un volume considérable. Ils contiennent 6 atomes d'eau de cristallisation qu'ils peuvent perdre par efflorescence. L'alloxane anhydre peut s'obtenir aussi directement par la cristallisation d'une liqueur saturée à chaud : les cristaux sont alors des prismes rhomboïdaux obliques.

L'alloxane est très-soluble dans l'eau, rougit les couleurs végétales et colore l'épiderme en pourpre. Les alcalis bouillants la changent en acide mésoxalique ; à froid, il se fait seulement de l'acide alloxanique.

L'oxyde puce de plomb, à l'aide de la chaleur, la décompose en urée et en acide carbonique.

L'hydrogène sulfuré la convertit en alloxantine ; il en

Digitized by Google

est de même du protochlorure d'étain. Un excès d'ammoniaque le convertit en acide mycomélique; l'acide nitrique, en acide parabanique, l'acide sulfurique ou chlorhydrique en alloxantine, l'acide sulfureux et l'ammoniaque en thionurate d'ammoniaque, l'alloxantine et l'ammoniaque en murexide.

Ces détails suffisent pour montrer combien est riche en dérivés la substance qui nous occupe. Tous les corps que nous venons de citer se produisent avec l'alloxane par des réactions simples. Nous les examinerons chacune à leur place. Mais il en est cependant qui réclament quelques détails.

L'alloxane en cristaux anhydres se dissout dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud, et produit une effervescence qui dure jusqu'à la fin de la réaction. Si on ne chauffe que pendant quelques minutes, l'alloxane se partage en acide oxalique, acide oxalurique et alloxantine qui cristillise; 2 atomes d'alloxane donnent 1 at. de chacun de ces corps.

L'acide oxalurique se métamorphose à mesure en cyanate d'ammoniaque, qui lui-même se convertit tout d'un coup en carbonate d'ammoniaque, de là, formation de sel ammoniac et dégagement d'acide carbonique.

Mêlée avec un sel de protoyde de fer, l'alloxane fournit une liqueur d'un bleu d'indigo intense.

MM. Wœhler et Liebig expliquent la formation de l'alloxane en admettant que l'urée, qui préexisterait dans l'acide urique, serait détruite par la réaction de l'acide nitreux provenant de la décomposition de l'acide nitrique. L'oxygène perdu par l'acide nitrique se fixerait sur l'acide cyanoxalique; en même temps quatre atomes d'eau s'ajoutant au composé formeraient l'alloxane.

L'alloxane peut donc se représenter par :

2 at. acide cyanoxalique...	$C^{16}\ Az^4\ O^4$
4 at. d'eau	$H^8\ O^4$
2 at. oxygène.....	O^2
1 atome d'alloxane	$= C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10}$.

Cette réaction de l'acide nitrique sur l'acide urique ajoute, suivant MM. Wœhler et Liebig, une nouvelle force à l'opinion de la préexistence de l'urée dans ce dernier acide;

Digitized by Google

car les produits complémentaires de l'alloxane dans cette réaction sont précisément ceux qui résulteraient de la réaction mutuelle de l'urée $C^4\,Az^4\,H^8\,O^2$ sur les éléments de l'acide nitreux $Az^2\,O^3$. Ainsi, il se produit :

Ac. carbonique. Azote. Ammoniaque. Eau.

$$C^4\,O^4 + Az^4 + Az^2\,H^6 + H^2\,O.$$

L'azote et l'acide carbonique recueillis sont en effet à volumes égaux, et la liqueur contient de l'ammoniaque.

Acide alloxanique.

4125. L'acide alloxanique se produit par l'action des alcalis sur l'alloxane; à l'état anhydre, tel qu'il existe dans l'allonaxate d'argent, il a pour formule :

$$C^8\,Az^2\,H^2\,O^4.$$

On voit donc que l'acide alloxanique anhydre renferme les éléments d'une demi-molécule d'alloxane, moins 1 atome d'eau; mais l'acide hydraté contient cette eau, de telle sorte qu'en doublant la formule, l'acide alloxanique devient $C^{16}\,Az^4\,H^8\,O^{10}$; c'est-à-dire un isomère de l'alloxane.

C'est un acide assez fort pour neutraliser complètement les bases et décomposer les carbonates. Il cristallise en aiguilles radiées.

Les alloxanates de baryte et d'argent cristallisent; ils ont été soumis à l'analyse.

L'alloxanate de baryte, décomposé par l'acide sulfurique, fournit l'acide alloxanique, qui peut être obtenu en cristaux aiguillés partant d'un centre commun. La dissolution est très acide et dissout le zinc avec dégagement d'hydrogène.

D'ailleurs, pour obtenir l'alloxanate de baryte, il suffit de verser de l'eau de baryte dans une dissolution chaude d'alloxane. Il arrive un moment où toute la liqueur se trouble et laisse déposer de l'alloxanate de baryte en paillettes blanches, pesantes.

Acide mésoxalique.

4126. La formule de cet acide à l'état hydraté est représentée par :

$$C^6O^4 + 2\,H^2O.$$

Il a été analysé dans sa combinaison avec l'oxyde de plomb qui renferme :

$$C^6\,O^4,\,2\,PbO.$$

Digitized by Google

Lorsqu'on sature l'acide mésoxalique par l'ammoniaque et qu'on traite la liqueur par le nitrate d'argent en dissolution, on obtient un précipité jaune, qui devient noir et se réduit en produisant une vive effervescence, lorsqu'on le chauffe. C'est là un caractère distinctif pour cet acide.

L'acide mésoxalique est un des produits qui se forment, lorsqu'on fait bouillir une dissolution saturée d'alloxanate de baryte; en même temps il se sépare de l'urée.

Sa formation s'explique facilement par l'équation

Alloxane. Urée. 2 at. acide mésoxalique anhydre.

$$C^{16}\,Az^4\,H^8\,O^{10} - C^4\,Az^4\,H^8\,O^2 = 2\,C^6\,O^6,$$

On sépare l'urée du mésoxalate de baryte par l'alcool; puis on sépare l'acide mésoxalique de la baryte par l'acide sulfurique étendu.

Acide mycomélique.

4127. Sa formule est représentée par:

$$C^{32}\,Az^{16}\,H^{20}\,O^{10}.$$

C'est un des produits de la décomposition de l'alloxane par l'ammoniaque en excès, à la faveur de l'ébullition; la liqueur devient jaune; il se forme ainsi du mycomélate d'ammoniaque qui cristallise. La liqueur surnageant le dépôt contient de l'alloxanate, du mésoxalate d'ammoniaque et de l'urée. En précipitant la dissolution de mycomélate d'ammoniaque par un acide, on a l'acide mycomélique, sous la forme d'une poudre jaune presque insoluble dans l'eau.

L'équation suivante rend compte de sa formation :

Alloxane. Ammoniaque. Ac. mycomélique. Eau.

$$2\,C^{16}\,Az^4\,H^8\,O^{10} + 4\,Az^2\,H^6 = C^{32}\,Az^{16}\,H^{18}\,O^9,\,H^2O + 10\,H^2O$$

Le mycomélate d'ammoniaque a pour formule :

$$C^{32}\,A^{16}\,H^{18}\,O^9,\,Az^2\,H^8\,O.$$

Acide parabanique.

4128. La formule de l'acide cristallisé est représentée par :

$$C^{12}\,Az^6\,O^6 + 2\,H^2\,O.$$

C'est l'un des produits de la décomposition de l'acide urique ou de l'alloxane par l'acide nitrique. Pour l'obtenir,

Digitized by Google

on emploie 1 partie d'acide urique ou 1 partie d'alloxane et 8 parties d'acide nitrique de force moyenne. On évapore, jusqu'à consistance sirupeuse; la liqueur, abandonnée à elle-même, dépose des lamelles incolores qui, purifiées par de nouvelles cristallisations, fournissent l'acide parabanique pur.

Cet acide est très soluble dans l'eau; quand on le chauffe, il se décompose en partie en donnant naissance à de l'acide cyanhydrique. Chauffé avec de l'ammoniaque, l'acide parabanique se change en acide oxalurique.

La formation de l'acide parabanique sous l'influence de l'acide nitrique, s'explique aisément.

On a, en effet:

Alloxane. Acide carb. Eau. Oxygène. Acide parabanique anhy.

$$C^{16}\,Az^4\,A^8\,O^{16} - C^4\,O^4 - H^8\,O^4 + O^2 = C^{12}\,Az^4\,O^4.$$

Acide oxalurique.

4129. Cet acide est représenté par la formule :

$$C^{12}\,Az^4\,H^6\,O^7,\,H^2\,O.$$

Il se forme en ajoutant de l'ammoniaque à une solution bouillante d'acide parabanique. Par l'évaporation, on obtient des cristaux d'oxalurate d'ammoniaque.

L'oxalurate d'ammoniaque en dissolution saturée et bouillante, étant traité par l'acide sulfurique étendu, laisse précipiter l'acide oxalurique en poudre cristalline, lorsqu'on refroidit subitement la liqueur.

Une dissolution aqueuse d'acide oxalurique se décompose complètement par l'ébullition en acide oxalique et oxalate d'urée.

L'acide oxalurique cristallisé renferme les éléments de 2 atomes d'acide oxalique et de 1 atome d'urée; il peut être considéré comme de l'acide urique, dans lequel l'acide oxalique aurait pris la place de l'acide cyanoxalique.

Les oxalurates alcalins sont très solubles; les oxalurates des terres alcalines et les oxalurates métalliques sont presque insolubles.

Acide thionurique.

4130. Sa formule est représentée par :

$$C^{16}\,Az^6\,H^{14}\,O^{14}\,S^2.$$

Digitized by Google

Cet acide est bibasique; il prend naissance par l'action simultanée de l'acide sulfureux et de l'ammoniaque sur l'alloxane. On l'obtient, par exemple, en mêlant une dissolution d'alloxane avec une dissolution de sulfate d'ammoniaque et de carbonate d'ammoniaque. On maintient le tout à l'ébullition, pendant quelques instants, et il se dépose par le refroidissement du thionurate d'ammoniaque en masse feuilletée ou en feuilles quadrangulaires. Ce sel possède un éclat nacré.

Le thionurate d'ammoniaque qui se forme en pareil cas est représenté par $C^{16}\ Az^6\ H^{10}\ O^{12}\ S^2$, $2Az^2\ H^6\ O$. A la température de 100°, ce sel perd de l'eau et se colore en rose très pur.

On obtient l'acide thionurique libre, en décomposant le thionurate de plomb par l'hydrogène sulfuré; il peut cristalliser sous forme d'aiguilles fines. La dissolution se trouble par l'ébullition et donne de l'uramile en masse soyeuse; il se produit de l'acide sulfurique libre. A froid, elle éprouve la même décomposition à la longue.

L'acide thionurique contient les éléments de 1 équivalent d'alloxane, 1 équivalent d'ammoniaque ($H^6\ Az^2$) et 2 équivalents d'acide sulfureux. Mais tout semble y indiquer la présence de l'acide sulfurique dans un état de combinaison particulier.

Les thionurates alcalins sont très solubles et cristallisent; les autres thionurates ne sont que peu ou point solubles.

Les cristaux en grands feuillets transparents, que l'on obtient en mettant l'alloxane en présence de l'acide sulfureux seul, sont très différents de l'acide thionurique. Par l'ébullition avec l'acide sulfureux, l'alloxane donne d'ailleurs de l'alloxantine.

Uramile.

4131. L'uramile est l'un des produits de la décomposition de l'acide thionurique, qui pourrait être regardé comme un bisulfate anhydre d'uramile. Sa formule est représentée par:

$$C^{16}\ Az^6\ H^{10}\ O^6.$$

L'uramile cristallise, tantôt en houppes minces et dures, tantôt en aiguilles soyeuses et déliées : il est peu soluble

Digitized by Google

dans l'eau à chaud, insoluble à froid. Il se dissout dans les alcalis caustiques ; les acides l'en précipitent intact ; la moindre trace d'ammoniaque dans l'air le colore en rose. La dissolution ammoniacale d'uramile, exposée à l'air, se colore en rouge pourpre et finit par abandonner des aiguilles cristallines d'un vert métallique. Une dissolution bouillante de potasse convertit l'uramile en acide uramilique. En présence des oxydes facilement réductibles, tels que ceux de mercure et d'argent, l'uramile se décompose, à la faveur de l'ébullition, en murexide. Le mercure et l'argent sont ramenés à l'état métallique.

L'acide azotique concentré le change en alloxane. L'acide sulfurique concentré le dissout ; l'eau le précipite de cette dissolution.

La formation de l'uramile, par la décomposition du thionurate d'ammoniaque, s'explique par la réaction suivante :

Thionurate d'ammoniaque. Uramile. Sulfate d'ammoniaque.

$$C^{16}Az^6H^{10}O^{12}S^2, 2Az^2H^8O = C^{16}Az^6H^{10}O^8 + 2(SO^3, Az^2H^8O).$$

Pour l'obtenir, on chauffe une dissolution bouillante de thionurate d'ammoniaque avec de l'acide hydrochlorique ; la dissolution se trouble bientôt, et l'uramile cristallise par le refroidissement.

Acide uramilique.

4132. Cet acide est représenté par la formule :

$$C^{32}Az^{10}H^{20}O^{15}.$$

C'est un des produits de la décomposition de l'uramile ; on l'obtient en ajoutant à une dissolution saturée de thionurate d'ammoniaque dans l'eau froide, une petite quantité d'acide sulfurique, et évaporant au bain-marie. Au bout de quelque temps, l'acide uramilique se dépose à l'état de prismes à quatre pans, incolores, d'un éclat très-vitreux, transparents, volumineux, si la cristallisation a été lente, en aiguilles soyeuses, si elle est rapide. Il est plus soluble à chaud qu'à froid. Trois parties d'eau bouillante suffisent pour le dissoudre.

Sa formation s'explique en admettant que 2 at. d'uramile s'unissent à 3 atomes d'eau, en abandonnant les éléments d'un atome d'ammoniaque. Aussi, quand on chauffe

Digitized by Google

pendant longtemps l'uramile avec de l'acide sulfurique étendu, se forme-t-il de l'acide uramilique.

Alloxantine.

PROUT, *Annales de chimie*, t. 90.

WOEHLER et LIEBIG, *Annales de chimie et de physique*, t. 68, p. 223.

4133. Cette substance a été découverte par le docteur Prout dans les produits de la décomposition de l'acide urique par l'acide nitrique. MM. Wœhler et Liebig l'ont obtenue par la même réaction, et aussi en traitant l'alloxane par des matières désoxygénantes.

Sa composition est représentée par la formule C^{16} Az^4 H^{10} O^{10}, qui donne :

C^{16}.....	611,48	30,16
Az^4.....	354,08	17,46
H^{10}.....	62,39	3,06
O^{10}.....	1000,00	49,32
1 at. alloxantine.	2027,95	100,00

Lorsqu'on a recours à l'acide urique pour préparer l'alloxantine, on fait bouillir une partie d'acide urique avec trente-deux parties d'eau, et l'on ajoute de l'acide nitrique étendu par petites portions jusqu'à dissolution complète de l'acide urique, puis on évapore la dissolution aux deux tiers. Au bout de quelque temps, l'alloxantine se dépose à l'état cristallin, et peut être purifiée par des cristallisations successives.

On réussit très-bien à préparer l'alloxantine en grande quantité, en faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution d'alloxane; il se dépose du soufre d'abord, puis des cristaux d'alloxantine qui peuvent être séparés du soufre par la filtration, après un traitement préalable à l'eau bouillante.

L'évaporation du liquide fournit l'alloxantine pure.

L'acide sulfurique bouillant peut transformer l'alloxane en alloxantine qui cristallise.

MM. Wœhler et Liebig ont encore pu transformer l'alloxane en alloxantine, en plongeant dans une dissolution d'alloxane un morceau de zinc métallique, après avoir ajouté préalablement un excès d'acide chlorhydrique à la

Digitized by Google

liqueur; il faut avoir soin d'opérer à froid. Le protochlorure d'étain précipite de même de l'alloxantine d'une dissolution d'alloxane.

Enfin, l'action de la pile peut réaliser la décomposition de l'alloxane en dissolution : l'oxygène se porte au pôle positif, et l'alloxantine vient se rendre au pôle négatif où elle se dépose en croûtes cristallines.

En comparant entre elles les formules brutes de l'alloxantine et de l'alloxane, on voit qu'il existe entre ces deux substances les mêmes relations qu'entre l'indigo bleu et l'indigo blanc.

On a en effet :

Alloxane..... $C^{16}\,Az^4\,H^8\,O^{16}$

Alloxantine..... $C^{16}\,Az^4\,H^{10}\,O^{10}$.

Il serait très-naturel, d'après ces formules et d'après l'ensemble des réactions, de considérer l'alloxantine comme un hydrure d'alloxane. Mais MM. Wœhler et Liebig préfèrent voir dans ces corps deux degrés d'oxydation différents de l'acide cyanoxalique; il faut écrire, suivant MM. Wœhler et Liebig :

$2\,Ul + O^2 + 4\,H^2\,O$ alloxane.

$2\,Ul + O + 5\,H^2\,O$ alloxantine.

Ul désignant toujours l'acide cyanoxalique.

Lorsque l'alloxantine prend naissance par la réaction de l'acide sulfurique sur l'alloxane, 2 atomes d'alloxane se transforment, par l'intervention des éléments de 2 atomes d'eau en 1 atome d'alloxantine, 3 atomes d'acide oxalique, 2 d'ammoniaque et 2 d'acide carbonique.

L'alloxantine offre les propriétés suivantes :

Elle cristallise en prismes obliques à quatre pans; ces cristaux sont incolores, mais exposés au contact de l'air contenant de l'ammoniaque, ils deviennent rouges et prennent un reflet métallique vert. A 150°, ils perdent 5 at. d'eau.

L'alloxantine est peu soluble à froid, plus soluble dans l'eau bouillante; chauffée dans une dissolution de chlore, elle se transforme en alloxane; avec les sels d'argent, elle détermine une réduction d'argent métallique et reproduit de l'alloxane. Lorsqu'on chauffe l'alloxantine avec de l'oxyde d'argent, la liqueur contient de l'oxalurate d'argent.

L'oxyde puce de plomb la transforme en urée sous l'in-

Digitized by Google

fluence de l'eau bouillante; en même temps, il se fait du carbonate de plomb.

Si dans une dissolution bouillante d'alloxantine, on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique, on reproduit immédiatement l'alloxane qui cristallise dans la liqueur concentrée.

En ajoutant de l'ammoniaque à une dissolution chaude d'alloxantine, elle se colore en pourpre; mais la couleur disparaît par la chaleur et par le refroidissement. Si on ajoute au contraire de l'acide nitrique, goutte à goutte, à l'alloxantine, qu'on sature par l'ammoniaque et qu'on échauffe un peu, la liqueur prend une teinte pourpre très foncée et permanente. Il s'est formé de la murexide.

Acide dialurique.

4134. Cet acide s'obtient en combinaison avec l'ammoniaque, quand on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution bouillante d'alloxantine; en saturant la liqueur acide, débarrassée de soufre, par le carbonate d'ammoniaque, on obtient un sel blanc qui est le dialurate d'ammoniaque : celui-ci, exposé à l'air à 100°, devient rouge de sang. Lorsqu'on essaie de séparer l'acide de son sel ammoniacal, il se décompose en plusieurs produits; on a donné à cet acide le nom d'acide dialurique, parce que les produits de sa décomposition ne sont pas analogues à ceux que devrait fournir l'*acide urillique* ou cyanoxalique.

La formule du dialurate d'ammoniaque contient :

$$C^{16}\,Az^{6}\,H^{14}\,O^{8}$$

qui renferme les éléments de 1 équivalent d'acide cyanoxalique, 1 équivalent d'ammoniaque et 4 équivalents d'eau.

En évaporant le dialurate d'ammoniaque avec de l'acide sulfurique étendu, on obtient des cristaux d'*alloxantine dimorphe;* ils ne diffèrent de l'alloxantine ordinaire que par la forme.

Murexide.

4135. La murexide constitue l'un des produits les plus remarquables, parmi les dérivés de l'acide urique.

Ce sont les cristaux brillants mordorés, obtenus pour la première fois par le docteur Prout, en ajoutant de l'ammo-

Digitized by Google

niaque à une dissolution d'acide urique dans l'acide nitrique. Le docteur Prout avait désigné ces cristaux sous le nom de purpurate d'ammoniaque.

D'après les analyses de MM. Wœhler et Liebig, on peut adopter pour la murexide, la formule :

$$C^{40}\,Az^{16}\,H^{20}\,O^{14};$$

ou mieux encore la formule :

$$C^{24}\,Az^{10}\,H^{12}\,O^{8}.$$

Les auteurs préfèrent cette seconde formule, comme satisfaisant le mieux au plus grand nombre des réactions tout à fait anomales que présente ce corps dans ses divers modes de décomposition, sous l'influence des acides et des alcalis.

M. Fritsche, d'après ses propres analyses, avait adopté la formule :

$$C^{32}\,Az^{12}\,H^{16}\,O^{16};$$

mais cette formule ne satisfait pas bien à l'ensemble des réactions.

La murexide se forme dans une foule de cas. Toutes les fois qu'on traite un des produits dérivés de l'acide urique par l'ammoniaque, à l'abri de l'air ou au contact de l'air, on donne naissance à de la murexide. Nous nous bornerons à indiquer ici les deux procédés de préparation suivants :

On dissout 1 partie d'alloxantine et 2,7 d'alloxane hydratée dans l'eau bouillante; lorsque la température s'est abaissée à 70°, on sature par du carbonate d'ammoniaque, en évitant d'en ajouter un excès; au bout de quelques minutes, la liqueur, qui est d'un pourpre foncé, laisse déposer une masse de cristaux de murexide. Il convient de déterminer d'avance sur de petites quantités employées comme essai, le volume des deux liquides qu'il faut prendre pour obtenir la plus grande quantité possible de murexide sans donner naissance à une poudre rouge.

On obtient encore la murexide, lorsqu'on chauffe un mélange de parties égales d'oxyde de mercure et d'uramile, dans 40 parties d'eau environ, avec addition d'un peu d'ammoniaque caustique. La liqueur ayant pris une couleur pourpre, on la filtre; elle abandonne, peu à peu, des cristaux de murexide.

Digitized by Google

La réaction précédente s'explique bien, en adoptant la formule $C^{24}Az^{10}H^{12}O^{8}$, pour représenter la composition de la murexide; car, 2 at. d'uramile et 3 at. d'oxygène de l'oxyde de mercure, peuvent donner 1 at. de murexide, 1 at. d'acide alloxanique, et 3 at. d'eau.

Pour obtenir la murexide de la dissolution de l'acide urique dans l'acide nitrique, on arrose, dans une capsule de porcelaine, une partie d'acide urique, de 32 parties d'eau, on porte le mélange à l'ébullition, et on y verse peu à peu et par petites quantités, de l'acide nitrique à 1,425, préalablement étendu de deux fois son poids d'eau; on attend chaque fois l'effet de l'effervescence qui se développe après chaque addition d'acide nitrique.

On cesse d'ajouter de l'acide nitrique, lorsqu'il ne reste plus qu'une trace d'acide urique, et l'on porte le liquide à l'ébullition; on le filtre : on le soumet à une douce évaporation pendant laquelle on remarque continuellement une légère effervescence. Concentrée à un certain point, la liqueur se colore; on cesse d'évaporer dès qu'elle a pris une couleur pelure d'oignon; on laisse refroidir jusqu'à 70°, et on ajoute de l'ammoniaque caustique étendue d'eau.

Le succès de l'opération dépend de la quantité d'ammoniaque et de la température. La dissolution doit contenir un très faible excès d'ammoniaque; elle ne doit être ni froide, ni au-dessus de 70°; car, dans ces deux cas, la combinaison est détruite par l'ammoniaque libre, et il s'en forme d'autres. La liqueur est d'une couleur tellement intense, qu'elle en est opaque. Il est donc impossible de s'aider des réactions des couleurs végétales; l'odorat est, avec quelque habitude, le meilleur juge pour décider si la quantité d'ammoniaque est suffisante.

Pendant et après le refroidissement, se déposent les magnifiques cristaux vert-doré d'éclat métallique de la murexide; ils sont généralement mêlés d'une poudre rouge floconneuse, dont il est facile de les purifier par l'ammoniaque caustique étendue, qui dissout cette substance rouge.

La murexide n'est pas un sel ammoniacal; elle appartiendrait plutôt à la classe des amides; mais elle ne donne pas de réaction comparable à celles qui résultent de l'action des bases ou des acides sur les amides. Les produits de sa décomposition sont nombreux et altérables; c'est ce qui rend sa formule incertaine.

Digitized by Google

La murexide cristallise en prismes courts à 4 pans, dont deux faces présentent un reflet vert métallique, comme les ailes de cantharides. Les cristaux sont rouge-grenat par transmission et donnent une poudre brun-rougeâtre, qui prend un reflet vert sous le brunissoir. La murexide est peu soluble dans l'eau froide, qu'elle colore cependant en pourpre magnifique; elle est insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Lorsqu'on fait bouillir une petite quantité d'eau sur le murexide jusqu'à dissolution, on n'obtient plus de murexide par refroidissement, mais une matière jaune gélatineuse. De là, sans doute, l'incertitude sur le meilleur procédé de préparation pour cette substance. Au contact d'une lessive de potasse, la murexide se dissout et produit une superbe couleur bleu d'indigo, qui disparaît par la chaleur.

La murexide en dissolution dans l'eau tiède, donne avec des sels métalliques des précipités colorés.

M. Liebig fait remarquer que les formules adoptées par M. Fritsche pour représenter les précipités de la murexane avec les sels, sont peu admissibles; il se garde de nouvelles recherches comme nécessaires, pour s'éclairer sur la véritable constitution de la murexide.

La murexide donne naissance, sous diverses influences, à un produit que nous décrirons sous le nom de murexane. La liqueur d'où on a séparé la murexane étant mise en contact avec le nitrate d'argent, se colore en noir et, après quelque temps de repos, dépose de l'argent métallique, exactement comme le ferait une dissolution contenant un peu d'alloxantine.

L'ammoniaque forme dans la liqueur séparée de l'argent, un épais précipité blanc, qui devient jaune par l'ébullition, sans se dissoudre; sous ce rapport, celle-ci se comporte donc comme une dissolution d'alloxane mêlée d'ammoniaque.

Si l'on décompose la murexide par l'acide chlorhydrique, qu'on sépare la murexane et qu'on ajoute de l'eau de baryte à la liqueur acide, il se forme un épais précipité d'un violet clair : réaction qui indique la présence de l'alloxantine.

Le précipité n'est pas d'un violet aussi foncé qu'avec l'alloxantine pure, mais il n'est pas non plus incolore

Digitized by Google

comme celui que donne l'alloxane pure ; un courant d'hydrogène sulfuré décolore instantanément la murexide ; il se précipite des paillettes soyeuses de murexane, et la liqueur donne avec l'eau de baryte un précipité violet foncé, en dégageant de l'ammoniaque. Il est évident que l'alloxane devenue libre est changée par l'hydrogène sulfuré en alloxantine.

Lorsqu'on fait bouillir la murexide avec une dissolution de potasse, jusqu'à disparition de la couleur bleue indigo foncé, qu'on précipite la murexane par l'acide chlorhydrique, et qu'on neutralise exactement la liqueur par l'ammoniaque, elle ne précipite plus les sels de chaux et de baryte ; mais, si l'on ajoute une nouvelle dose d'ammoniaque, il se forme des flocons blancs épais, qui disparaissent par une forte addition d'eau. Cette réaction caractérise les allaxonates de chaux et de baryte.

Si, après avoir décomposé la murexide par l'acide sulfurique étendu, on verse dans la liqueur froide de l'eau de baryte, tant qu'il se forme un précipité, celui-ci renferme tout l'acide sulfurique et avec lui toute l'alloxane et l'alloxantine, à une trace près.

La dissolution filtrée, traitée par le carbonate d'ammoniaque, pour séparer la baryte libre, filtrée de nouveau et évaporée jusqu'à un petit volume, donne avec l'acide nitrique des cristaux de nitrate d'urée.

La dissolution obtenue par la décomposition de la murexide, au moyen de l'acide sulfurique, étant neutralisée par le carbonate d'ammoniaque et évaporée à une très douce chaleur, perd, après quelque temps, la couleur rouge qu'elle avait prise ; elle donne une masse cristalline dans laquelle il est facile de reconnaître de l'alloxanate d'ammoniaque, mêlé de sulfate. La même dissolution traitée par l'ammoniaque et un sel d'argent, fournit un précipité blanc qui, par l'action d'une bonne chaleur, noircit, dégage du gaz, et se réduit en argent métallique.

La dissolution, étendue après avoir été préalablement traitée par l'ammoniaque, donne avec le chlorure de calcium un précipité blanc mucilagineux, soluble dans une plus grande quantité d'eau.

De toutes ces réactions, il résulte que la murexide fournit cinq produits par sa décomposition avec les acides, et

Digitized by Google

les alcalis, savoir : de l'ammoniaque, de la murexane, de l'alloxane, de l'alloxantine et de l'urée.

A l'aspect de tous ces produits de décomposition, on est porté à penser que la murexide n'est pas un principe immédiat pur, mais bien une combinaison de plusieurs. Cependant, si l'on considère la composition du thionurate d'ammoniaque et sa décomposition par les acides, on y voit surgir des produits encore plus nombreux que ceux que donne la murexide.

En effet, lorsqu'on ajoute à une dissolution de thionurate d'ammoniaque dans l'eau, une quantité d'acide insuffisante pour neutraliser toute l'ammoniaque, et qu'on fait évaporer le liquide à une température voisine de celle de l'ébullition, on remarque les phénomènes suivants : une partie du sel ammoniacal est décomposée dès le commencement; il se précipite de l'uramile, correspondant à la murexane; la liqueur contient de l'acide sulfurique et de l'ammoniaque. Par une douce évaporation, le reste du sel est décomposé; une nouvelle portion d'uramile se précipite, et il se dépose, en outre, du thionurate d'ammoniaque. Mais l'acide libre agit sur l'uramile resté en dissolution, et le change en acide uramilique. Celui-ci, sous l'influence du même agent, se transforme en acide dialurique. Enfin, la décomposition de ce dernier donne deux autres produits, dont l'un est l'alloxantine dimorphe. Ainsi, nous n'avons pas moins de sept produits, résultant de la décomposition d'un corps qui ne contient pas d'acide sulfurique, mais de l'acide sulfureux, et qui ne renferme, par conséquent, point d'uramile tout formé.

On peut donc admettre avec quelque raison qu'aucun des corps obtenus par la décomposition de la murexide n'y préexistait. Celle-ci serait un corps semblable au thionurate d'ammoniaque. On y supposerait l'existence d'un acide, incapable toutefois d'exister à l'état libre et qui se décomposerait en produits nouveaux, lesquels, sous l'influence de la potasse et des acides, subiraient des altérations successives.

Comme il est impossible de poser une formule rationnelle pour cet acide, nous devons nous borner à développer la matière dont il semble se détruire. En réunissant tous les produits de la décomposition de la murexide, et y ajoutant 2 équivalents d'ammoniaque, on a :

Digitized by Google

1 at. alloxane.....	$C^{16}\ Az^4\ H^8\ H^{10}$
1 at. alloxantine.....	$C^{16}\ Az^4\ H^{10}\ O^{10}$
1 at. murexane.....	$C^{12}\ Az^4\ H^8\ O^6$
1 at. urée.....	$C^4\ Az^4\ H^8\ O^2$
2 équivalents d'ammoniaque.	$Az^4\ H^{12}$
	$C^{48}\ Az^{20}\ A^{46}\ O^{28}$

Ce qui donne les éléments de 2 atomes de murexide et de 11 atomes d'eau, savoir :

2 at. murexide....	$C^{48}\ Az^{20}\ H^{24}\ O^{16}$
11 at. d'eau.....	$H^{22}\ O^{11}$
	$C^{48}\ Az^{20}\ H^{46}\ O^{27}$

D'où l'on voit que la murexide peut être formée de différentes matières. En effet, 1 at. d'alloxane, 1 at. d'alloxantine et 5 équivalents d'ammoniaque peuvent fournir 1 at. de murexide, 1 équivalent d'alloxanate d'ammoniaque et 8 at. d'eau.

1 at. alloxane. . .	$C^{16}\ Az^4\ H^8\ O^{10}$	1 at. murexide. . .	$C^{24}\ Az^{10}\ H^{12}\ O^8$
1 at. alloxantine .	$C^{16}\ Az^4\ H^{10}\ O^{10}$	½ at. acide alloxan.	$C^8\ Az^2\ H^2\ O^4$
3 équiv. d'ammon.	$Az^6\ H^{18}$	1 équiv. d'ammon..	$Az^2\ H^6$
	$C^{32}\ Az^{14}\ H^{36}\ O^{20}$	3 at. d'eau.	$H^{26}\ O^8$
			$C^{32}\ Az^{14}\ H^{36}\ O^{30}$

Mais la murexide n'est pas un produit immédiat de l'action de l'ammoniaque sur l'alloxane et l'alloxantine; on peut la préparer directement avec l'uramile et l'oxyde d'argent, et ce fait doit entrer aussi dans nos explications.

Si 2 at. d'uramile enlèvent l'oxygène de 3 at. d'oxyde d'argent, il se forme 1 at. de murexide et 1/2 at. d'acide alloxanique, ou 1/2 at. d'alloxane.

2 at. uramile. . . .	$C^{32}\ Az^{12}\ H^{20}\ O^{12}$	1 at. murexide. .	$C^{24}\ Az^{10}\ H^{12}\ O^8$
3 at. oxygène. . .	O^8	½ at. acide alox..	$C^8\ Az^2\ H^2\ O^4$
	$A^{32}\ Az^{12}\ H^{20}\ O^{15}$	3 at. d'eau.	$H^6\ O^3$
			$C^{32}\ Az^{12}\ H^{20}\ O^{16}$

Murexane.

4136. La composition de la murexane est représentée par la formule :

$$C^{12}\ Az^4\ H^8\ O^5,$$

qui donne :

C^{12}	458,61	33,64
Az^4	354,08	25,97
H^8	49,91	3,66
O^5	500,00	36,73
1 at. murexane.	1362,60	100,00

Digitized by Google

Elle a été découverte par Prout, qui l'avait nommée acide purpurique.

On l'obtient en traitant la murexide par la potasse caustique à chaud, jusqu'à disparition de la couleur bleue, puis ajoutant de l'acide sulfurique qui précipite la murexane.

Cette matière cristallise en paillettes soyeuses, insolubles dans l'eau et dans les acides faibles; elle se dissout dans l'ammoniaque et dans les autres alcalis sans les neutraliser : sous l'influence de l'air, la dissolution de murexane devient rouge et dépose des cristaux de murexide.

Une dissolution de murexane dans l'ammoniaque absorbe l'oxygène avec rapidité et se colore fortement. Mais, dans l'oxygène pur, la coloration disparaît bientôt et on n'obtient pas de murexide d'une pareille dissolution; on trouve à sa place un sel ammoniacal, possédant toutes les propriétés de l'oxalurate d'ammoniaque, dont la formation s'explique très aisément, puisque l'acide oxalurique ne se distingue de la murexane que par 3 atomes d'oxygène de plus, les autres éléments restant les mêmes.

Si l'on double la formule précédente de la murexane, on pourra exprimer la conversion de cette substance en murexide par l'équation suivante :

$$\underset{\text{Murexane.}}{C^{24}\,Az^8\,H^{16}\,O^{10}} + H^6\,Az^2 + O^3 = \underset{\text{Murexide.}}{C^{24}\,Az^{10}\,H^{12}\,O^8} + 5\,H^2O.$$

C'est une réaction du même genre que celle qui exprime, suivant M. Liebig, la conversion de l'orcine en orcéine; mais nous devons dire que jamais la réaction n'est aussi simple; il se forme constamment de l'alloxane, de l'alloxantine, de l'urée et de l'ammoniaque, qui accompagnent la murexide et qui paraissent être des produits de la destruction partielle de cette dernière substance.

Lorsqu'on dissout l'uramile dans une dissolution chaude de potasse, jusqu'à saturation, il se dégage de l'ammoniaque et on obtient une liqueur claire d'une teinte un peu plus jaune, qui absorbe l'oxygène de l'air encore plus vite qu'une cuve d'indigo, et qui se colore en pourpre foncé presque violet.

Cette dissolution, abandonnée à l'air pendant la nuit, se remplit d'une grande quantité de prismes monoclinés qui ressemblent beaucoup à la murexide. Mais ces cristaux sont plus durs, plus transparents que ceux de cette der-

Digitized by Google

nière; ils laissent après la combustion un résidu alcalin. Il semble que pour les former le potassium se soit substitué à l'ammonium de la murexide. La dissolution de potasse dans laquelle se sont déposés ces cristaux est neutre; elle renferme du mésoxalate et de l'alloxanate de potasse.

On peut revenir maintenant sur l'action réciproque de l'acide nitrique et de l'acide urique, car elle fait naître, pour ainsi dire, tous les corps dont nous venons de faire connaître l'existence et les propriétés.

L'acide urique se dissout dans l'acide azotique étendu; la décomposition réciproque de l'urée qu'on y suppose et de l'acide azotique fournit de l'acide carbonique et de l'azote qui se dégagent; de l'autre côté, il reste dans la liqueur une certaine quantité d'ammoniaque combinée à l'acide nitrique. Outre ce sel ammoniacal, la dissolution contient encore de l'*alloxantine*, de l'urée et de l'acide azotique libre.

Si on fait chauffer cette dissolution, l'alloxantine se transforme en alloxane, en empruntant de l'oxygène à l'acide nitrique.

Une partie de cette alloxane est décomposée à son tour par l'acide nitrique en 2 atomes d'acide carbonique et en acide parabanique.

Une autre partie est transformée en acide oxalurique, et une portion de celui-ci se décompose en urée et en acide oxalique.

Si l'on neutralise la dissolution par l'ammoniaque, l'alloxantine étant prédominante, le nitrate d'ammoniaque réagit sur une portion de celle-ci et donne de l'uramile qui se précipite. Une autre partie de l'alloxantine se décompose en présence de l'ammoniaque et de l'alloxane en murexide, qui se dépose en cristaux mêlés d'uramile.

Si, au contraire, l'alloxane est en quantité plus grande dans la dissolution, d'un côté, il se forme aussi de la murexide; de l'autre, l'ammoniaque agissant sur l'alloxane libre, fournit du mieconélate d'ammoniaque, qui se mêle, sous forme d'un précipité gélatineux, aux cristaux de murexide.

En neutralisant la dissolution par l'ammoniaque, l'acide parabanique devient acide oxalurique, et par l'évaporation on obtient successivement de l'oxalurate, de l'oxalate et du nitrate d'ammoniaque et de l'urée.

Digitized by Google

Quand on fait évaporer la dissolution de l'acide urique dans l'acide nitrique, la liqueur acide se neutralise, et à la fin, il se dégage de l'ammoniaque. L'oxydation d'une partie de l'alloxane, aux dépens de l'acide nitrique, donne d'un côté de l'acide nitreux, de l'autre de l'acide carbonique. L'acide nitreux se décompose continuellement, en présence de l'urée libre dans la dissolution, en azote et carbonate d'ammoniaque, et, peu à peu, ce dernier sature complètement l'acide nitrique libre.

Nous placerons à la suite des produits dérivés de l'acide urique quelques substances azotées, qui constituent des calculs ou qui existent en dissolution dans l'urine : ce sont les oxydes xanthique et cystique, et l'acide rosacique.

Oxyde xanthique.

MARCET, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 15, p. 33.
WOEHLER et LIEBIG, *Journ. de Pharm.*, t. 23, p. 621.

4137. L'oxyde xanthique se rencontre dans la vessie de l'homme sous forme de calculs. Ses propriétés chimiques ont été étudiées pour la première fois par M. Marcet. Plus récemment, MM. Wœhler et Liebig ont publié des résultats fort intéressants sur cet acide.

Sa composition est représentée, suivant MM. Wœhler et Liebig, par la formule

$$C^{10}\,Az^4\,H^4\,O^2 \text{ ou } C^{20}\,Az^8\,H^8\,O^4.$$

Cette formule est remarquable; car elle représente celle de l'acide urique moins deux atomes d'oxygène. Les auteurs proposent, en conséquence, de changer le nom d'oxyde xanthique en celui d'*oxyde urique*.

L'oxyde xanthique est soluble dans les carbonates alcalins et dans les alcalis caustiques, à peu près insoluble dans l'eau, même à chaud, et dans les acides chlorhydrique et oxalique; cette propriété le distingue des calculs de cystine; l'acide sulfurique concentré le dissout sans dégagement de gaz; la dissolution laisse à l'évaporation un résidu jaune-citron que l'ammoniaque ne colore point en rouge. A la distillation sèche, il donne beaucoup d'acide cyanhydrique et exhale en même temps une odeur de corne brûlée; il se sublime du carbonate d'ammoniaque, mais pas d'urée.

Il serait d'un grand intérêt d'apprendre à connaître dans

Digitized by Google

quelles circonstances ce calcul se forme et prend la place de l'acide urique.

Oxyde cystique ou Cystine.

Wollaston, *Transactions philosoph.*, 1810.

Malaguti et Baudrimont.

Thaulow, *Annalen der Chemie und Pharm.*

4138. La découverte de la cystine est due à Wollaston; on la rencontre, mais très-rarement, dans la vessie de l'homme sous forme de calculs.

On l'obtient en dissolvant les calculs dans l'ammoniaque, et abandonnant le liquide à l'évaporation spontanée; la cystine cristallise en lames rhomboïdales.

Le docteur Prout a donné le premier une analyse élémentaire de la cystine; ses nombres sont exacts en ce qui concerne le carbone, l'azote et l'hydrogène; mais il y avait méconnu la présence du soufre, qui s'est ainsi trouvé compté comme oxygène. On doit à MM. Baudrimont et Malaguti un travail fort intéressant sur la cystine. Ils y ont les premiers signalé la présence du soufre, et ils ont étudié avec soin les propriétés remarquables de cette substance.

La formule proposée par MM. Baudrimont et Malaguti pour représenter la composition de la cystine est la suivante :

$$C^{12}\,Az^2\,H^{12}\,O^4\,S^2.$$

Cette composition a été vérifiée par les expériences de M. Thaulow.

La cystine est blanche, insipide, inodore, insoluble dans l'eau et dans l'alcool, soluble au contraire dans les alcalis et dans les acides hydrochlorique, sulfurique et nitrique; chauffée, elle dégage des produits ammoniacaux et laisse un charbon spongieux. Il se dégage dans cette décomposition un gaz qui n'a pas été étudié et qui s'enflamme spontanément comme l'hydrogène phosphoré. L'odeur alliacée qu'exhale la cystine, lorsqu'on la projette sur des charbons incandescents, est tout à fait caractéristique.

La cystine mise en contact avec l'acide chlorhydrique étendu se dissout; la dissolution évaporée dans le vide fournit des cristaux très-nets, qui constituent une combinaison anhydre de cystine et d'acide chlorhydrique. Ce composé est en partie détruit par l'eau qui en sépare la cystine.

L'acide azotique fournit également une combinaison cristallisée avec la cystine.

Digitized by Google

Quoique soluble dans l'ammoniaque liquide, la cystine ne contracte point avec cette base de combinaison qu'on puisse obtenir solide par l'évaporation.

La cystine soumise à l'ébullition avec l'eau de baryte donne du sulfure de baryum et une matière organique particulière qu'on peut extraire et purifier. Cette matière, qui présente une masse jaune, brillante, possède une forte odeur alliacée; elle est soluble dans l'eau; elle contient du soufre et de l'azote; du reste, elle n'a pas été soumise à un examen approfondi.

On voit par ce qui précède que la cystine possède des propriétés basiques. En adoptant la formule ci-dessus, les analyses du chlorhydrate et de l'azotate de cystine conduisent à regarder l'azotate comme un sel sesquibasique et le chlorhydrate comme bibasique.

Les calculs de cystine sont très-rares. Ceux qui ont été examinés par MM. Baudrimont et Malaguti avaient été extraits par M. Civiale. Il est digne de remarque, que deux frères, calculeux tous les deux, ont fourni tous les deux des calculs de cystine.

Acide rosacique.

PROUST, *Annales de chimie*, t. 36, p. 258.
VAUQUELIN, *Bulletin de pharmacie*, t. 5, p. 416.
VOGEL, *Journal de pharmacie*, t. 2, p. 27.

4139. La découverte de l'acide rosacique est due à Proust. Son étude a été faite par Vauquelin et Vogel.

Cet acide est fort rare; on ne le rencontre que dans quelques urines; uni à l'acide urique, il constitue les dépôts rosacés qui se forment dans les urines pendant le cours de quelques maladies.

On l'extrait de ces dépôts en les lavant à l'eau, puis les dissolvant dans l'alcool bouillant et évaporant. L'acide rosacique que l'on obtient ainsi est solide, d'un rouge cinabre, sans odeur; sa saveur est à peine acide; néanmoins, il peut rougir le tournesol. Il est soluble dans l'eau et dans l'alcool. Il se combine aux alcalis, en formant des sels solubles. Il précipite l'acétate de plomb. Il peut s'unir à l'acide urique.

L'acide sulfurique et l'acide sulfureux lui communiquent une couleur d'un rouge foncé.

Digitized by Google

L'acide azotique le transforme, dit-on, en acide urique. L'analyse de l'acide rosacique n'a pas été faite.

URÉE.

ROUELLE.
FOURCROY et VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, t. 32, p. 80.
PROUT, *Transactions philosoph.*
WOEHLER, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 57, p. 330.
DUMAS, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 44, p. 273.
REGNAULT, *id.* *id.* t. 68, p. 154.
LECANU, *Journal de pharmacie*, t. 17, p. 649, et t. 24, p. 352.
LIEBIG, *Journal de pharmacie*, t. 27, p. 502.
PELOUZE, *Ann. de phys. et de chim.*, t. 6, 3e série, p. 65.

4140. La découverte de l'urée est due à Rouelle le cadet. Fourcroy et Vauquelin ont étudié ses principales propriétés. On doit au docteur Prout les premières analyses exactes de l'urée. Ces analyses ont été pleinement confirmées depuis par MM. Wœhler et Liebig.

L'urée est un des produits essentiels qui existent en dissolution dans l'urine des mammifères. Le rein paraît avoir en effet principalement pour but d'éliminer l'urée du sang. Telle est du moins l'opinion que nous avons soutenue, M. Prévost et moi, relativement au rôle que joue le rein dans l'économie. La démonstration la plus directe de cette manière de voir, consisterait à prouver la présence de l'urée dans le sang à l'état ordinaire; jusqu'à ce jour, l'expérience n'a pas pu la démontrer, mais tout porte à croire que c'est la faible proportion d'urée que le sang renferme dans les circonstances ordinaires de la vie, qui empêche de la mettre en évidence dans un liquide aussi complexe que le sang. Ce qui tend à le prouver, c'est que l'urée peut être décelée dans le sang des animaux après l'ablation des reins, ainsi que nous l'avons reconnu M. Prévost et moi.

M. Wœhler a obtenu le premier l'urée artificiellement, par une réaction de laboratoire. Nous avons vu, en effet, que le cyanate d'ammoniaque peut se transformer en urée, lorsqu'on le soumet à l'action de la chaleur. Le cyanate d'ammoniaque neutre $Cy^2 O, H^8 Az^2 O$, renferme exactement les éléments de l'urée $C^4 H^8 Az^2 O^2$. De sorte que la production de l'urée dans ce cas tient à une simple transformation isomérique de cyanate en urée. M. Liebig s'est

Digitized by Google

appuyé sur cette réaction pour préparer l'urée d'une manière plus simple et plus facile que par le procédé d'extraction qui repose sur l'emploi de l'urine, ainsi qu'on le verra plus bas.

Quel rôle chimique faut-il attribuer à l'urée, et dans quel groupe de substances organiques convient-il de la placer? J'ai cherché à établir, il y a quelques années (2957), que l'urée appartenait à la classe des amides, substances qui, avec le concours de l'eau, peuvent produire un sel ammoniacal.

L'urée se convertit en effet en carbonate d'ammoniaque dans les mêmes circonstances qui déterminent la conversion de l'oxamide en oxalate d'ammoniaque.

J'ai établi entre l'urée et l'oxamide, des relations exprimées par les formules suivantes :

$C^4 O^2, H^4 Az^2$ { Amidure d'oxyde de carbone ou oxamide.

$C^4 O^2, H^8 Az^4$ { Biamidure d'oxyde de carbone ou urée.

Ces corps devenaient ainsi des composés binaires contenant le même radical et assimilables, par leurs propriétés, aux chlorures métalliques. (2957).

Quoi qu'il en soit de la constitution intime de l'urée, l'expérience nous prouve qu'elle possède des propriétés basiques. Mais pour jouer le rôle de base, sous l'influence des acides, l'urée exige le concours d'un atome d'eau. Nous serions donc portés à réunir l'urée au groupe des substances organiques, oxygénées ou non, qui, avec le concours d'un atome d'eau, constituent des bases salifiables. Tels sont la mélamine, l'amméline, l'aniline, la nicotine, les alcalis organiques et l'ammoniaque.

La préexistence de l'urée dans l'urine, généralement admise, a pourtant été contestée dans ces derniers temps par M. Persoz; mais elle a été mise hors de doute par les expériences de M. Lecanu : on peut, en effet, retirer l'urée des urines sans le concours de la chaleur, en évaporant le liquide dans le vide sec, à froid.

MM. Cap et Henry avait admis que l'urée existait en combinaison avec l'acide lactique dans l'urine; mais cette assertion a été réfutée par M. Pelouze, qui a démontré que l'acide lactique et l'urée ne pouvaient pas se combiner. Lorsqu'on décompose du lactate de chaux par de l'oxalate d'urée, l'acide lactique et l'urée se retrouvent

Digitized by Google

mélangés mais non combinés dans la liqueur; l'urée y cristallise à l'état libre.

L'urée, à l'état de pureté, se présente sous la forme de longs prismes aiguillés, d'une blancheur parfaite.

Elle est sans odeur, mais elle possède une saveur fraîche et un peu piquante; sa dissolution n'exerce aucune action sur les couleurs végétales. Sa densité est de 1,35.

Chauffés, les cristaux d'urée fondent à 120° et se décomposent ensuite en donnant de l'ammoniaque et de l'acide cyanurique. En outre, on recueille à la distillation les produits de la décomposition de l'acide cyanurique lui-même.

L'urée se dissout à la température ordinaire dans son propre poids d'eau froide environ, et en toute proportion dans l'eau bouillante; elle est soluble dans quatre parties d'alcool froid et dans deux parties d'alcool bouillant.

La dissolution aqueuse d'urée pure ne s'altère que lentement à l'air, et se convertit en carbonate d'ammoniaque; mais, sous l'influence de certaines matières azotées, comparables à la matière muqueuse des urines, l'urée éprouve rapidement une espèce de fermentation, fixe les éléments de l'eau et se transforme entièrement en carbonate d'ammoniaque. Nous avons vu que la matière pultacée grisâtre, qui se dépose dans les urinoirs et qui s'est formée avec le concours de l'air, possède au plus haut degré la propriété de transformer l'urée en carbonate d'ammoniaque.

Cette transformation s'opère encore sous l'influence des causes qui déterminent la fermentation alcoolique; ainsi, j'ai reconnu que l'urée se change en carbonate d'ammoniaque lorsqu'on l'introduit dans de l'eau sucrée, à laquelle on a ajouté un peu de levûre de bière.

L'action des acides et des bases sur la dissolution aqueuse d'urée présente des phénomènes dignes d'intérêt.

Sous l'influence des acides, la liqueur soumise à l'ébullition, dégage de l'acide carbonique, et il se fait un sel ammoniacal de l'acide employé; sous l'influence des alcalis, au contraire, la liqueur bouillante dégage de l'ammoniaque et il se fait un carbonate alcalin; à froid, on n'observe aucune action, circonstance qui prouve bien que l'urée n'est pas un sel ammoniacal.

L'urée peut s'unir à divers acides; tels sont les acides azotique, oxalique, cyanurique; ces combinaisons cristallisent; elles sont acides au papier; les autres combinai-

Digitized by Google

sons ; ne cristallisent pas. Dans ces composés figurent 1 atome d'acide réel, 1 atome d'urée et 1 atome d'eau.

L'urée peut se combiner au sel marin et au sel ammoniac, en donnant des composés cristallisables. C'est à tort qu'on a considéré ces combinaisons comme une simple modification survenue dans la forme des cristaux de sel marin ou de sel ammoniac.

L'oxyde de plomb peut se dissoudre dans une dissolution d'urée.

Quand on évapore une dissolution d'urée avec du nitrate d'argent, elle se décompose en nitrate d'ammoniaque et en cyanate d'argent cristallin. L'acide hyponitrique décompose instantanément l'urée; il se dégage des volumes égaux d'acide carbonique et d'azote.

Le procédé qu'on emploie pour extraire l'urée de l'urine consiste à évaporer celle-ci jusqu'à consistance de sirop très-clair: on ajoute à ce sirop son volume d'acide azotique à 24° exempt d'acide hyponitrique; on entoure le mélange d'un bain de glace, et on agite afin de durcir les cristaux qui se précipitent. Ces cristaux sont de l'azotate d'urée; on les recueille, on les lave avec de l'eau à zéro; puis on les fait égoutter et on les comprime entre des doubles de papier joseph. On les redissout alors dans l'eau et on les fait digérer avec du charbon animal. On ajoute du carbonate de potasse au nitrate d'urée ainsi obtenu, pour en séparer l'acide azotique; en évaporant à sec et reprenant la masse par l'alcool très rectifié, on dissout l'urée devenue libre, sans dissoudre le nitre ni le carbonate de potasse; la dissolution alcoolique évaporée fournit des cristaux d'urée.

M. Liebig a proposé récemment un procédé qui permet de préparer l'urée d'une manière plus simple et plus économique : on mélange 28 parties de prussiate jaune de potasse et 14 parties de peroxyde de manganèse, tous deux pulvérisés finement; on chauffe sur une plaque de fer au rouge naissant; la masse s'enflamme et s'éteint peu à peu. La masse éteinte est traitée par l'eau froide; on ajoute à la liqueur 20 p. 1/2 de sulfate d'ammoniaque sec : comme on opère avec des liqueurs concentrées, il se fait aussitôt un précipité de sulfate de potasse ; on décante et on évapore, tant qu'il se dépose des croûtes cristallines. On évapore alors à sec et on traite par l'alcool bouillant qui dissout l'urée seulement. 1 kil. de prussiate

Digitized by Google

de potasse peut fournir environ 350$^{gr.}$ d'urée bien cristallisée. Dans cette opération, la calcination du prussiate avec le peroxyde de manganèse forme du cyanate de potasse très soluble : l'addition du sulfate d'ammoniaque forme du sulfate de potasse peu soluble et du cyanate d'ammoniaque, qui, sous l'influence d'une douce chaleur se change en urée.

4141. *Nitrate d'urée.* Une dissolution d'urée pure donne avec l'acide nitrique un précipité grenu cristallisé, d'un blanc éclatant, qui se dissout dans huit parties d'eau froide. Il est plus soluble dans l'eau chaude et cristallise en lames larges. D'après M. Regnault, le nitrate d'urée a pour formule :

$$Az^2\,O^5,\ C^4\,H^8\,Az^4\,O^2,\ H^2\,O.$$

Oxalate d'urée. L'acide oxalique forme avec la dissolution d'urée des lames cristallines minces et longues, d'une saveur acide franche; ces cristaux se dissolvent dans l'eau froide; l'eau chaude les dissout en quantité beaucoup plus forte; les oxalates alcalins paraissent se combiner à l'oxalate d'urée en formant des sels doubles. L'oxalate d'urée a pour formule :

$$C^4\,O^3,\ C^4\,H^8\,Az^4\,O^2,\ H^2\,O.$$

Cyanurate d'urée. Ce composé prend naissance dans les premiers moments de la décomposition de l'urée par le feu; il se forme encore en faisant bouillir de l'acide cyanurique avec une dissolution d'urée concentrée, filtrant la liqueur chaude et laissant refroidir; on obtient ainsi des aiguilles déliées, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Urée et sel marin. Lorsqu'on abandonne à l'évaporation une dissolution mixte d'urée et de sel marin, on obtient des octaèdres réguliers. Leur composition est représentée par la formule :

$$C^4\,H^8\,Az^4\,O^2 + Cl^2\,Na + H^4\,O^2.$$

Urée et sel ammoniac. Ce composé se forme dans les mêmes circonstances que le précédent.

Ces cristaux sont ordinairement assez volumineux; ils ont pour formule :

$$C^4\,H^8\,Az^4\,O^2 + Az^2\,H^8\,O.$$

Digitized by Google

LIVRE XIII.

CHAPITRE PREMIER.

INTRODUCTION A LA STATIQUE CHIMIQUE DES ÊTRES ORGANISÉS.

4505. Dans les études de chimie minérale, on voit la matière toujours immuable, changer de forme et d'aspect, acquérir des propriétés nouvelles par son association en groupes diversement disposés. Chaque molécule reste, cependant, ce qu'elle était : si on l'isole, on la retrouve inaltérée, toujours la même; mais, par son union avec d'autres molécules, les caractères qui lui appartiennent se masquent ou se modifient, à tel point, que l'analyse seule peut nous apprendre qu'il existe du plomb métallique dans la céruse, du fer métallique dans la rouille, et du charbon dans le marbre le plus blanc. A l'aspect, rien ne l'aurait fait supposer.

Dans les animaux, dans les plantes, des matières plus éloignées encore de leur origine élémentaire nous apparaissent. Entre la molécule simple qui en fait partie, et le tissu ligneux ou la chair des animaux, la distance est si grande, qu'il ne faut pas s'étonner si on a admis dans leur formation des mystères étranges, si on a cru que ce pouvoir créateur, refusé aux forces de la chimie minérale, existait dans les êtres organisés; si on a cru, du moins, qu'il leur était donné de transformer certains éléments de la chimie, en d'autres éléments distincts de ceux-ci.

De même, quand on voit un animal périr, se putréfier; quand on voit du bois disparaître par la combustion, on a quelque peine à ne pas se laisser préoccuper par des pensées de destruction. Mais, avec un peu de réflexion, on arrive bientôt à comprendre que, si, dans la nature minérale, rien ne se perd, rien ne se crée, il en est

Digitized by Google

de même dans la nature organique. Jusqu'à présent, on ne connaît ni création, ni transmutation d'éléments; tous les changements qui s'opèrent continuellement à la surface du globe, sont dus à des combinaisons qui se font, ou à des combinaisons qui se défont. La matière du tapis de verdure qui, aujourd'hui, revêt une prairie, fait partie, le lendemain, des animaux qu'elle nourrissait; quelques jours encore, et elle passera peut-être dans notre propre organisation, d'où elle s'en ira dans l'atmosphère, qui, la cédant à de nouvelles plantes, reproduira, plus tard, une nouvelle végétation. La matière du bois que nos foyers consument aujourd'hui, fera peut-être demain partie de quelque végétal d'un pays lointain.

Exposer sous une forme simple et précise les grandes lois qui président à la formation des plantes ou des animaux, aux modifications que ces êtres subissent sous certaines influences vitales ou morbides, au classement des matières qu'ils contiennent ou qui ont fait partie de leurs tissus: tel est l'objet de cette introduction. Elle suffira pour faire comprendre quel secours la chimie peut prêter à la physiologie ou à la médecine.

C'est donc la statique chimique des êtres organisés, et l'examen des matières qui s'y rattachent, qui formera l'objet principal de ce livre.

4504. Examinons d'abord quels sont les produits excrétés par un animal carnivore, et bornons cet examen aux deux excrétions principales, sans nous occuper de celles qui n'offrent, au point de vue où nous nous plaçons, qu'un intérêt secondaire. Par les poumons, l'animal carnivore expulse de l'acide carbonique et de l'eau; par les urines, il perd de l'oxyde d'ammonium. Peu importe, pour le moment, que cet oxyde d'ammonium soit sécrété à l'état d'urée, et que celle-ci, en s'adjoignant les éléments de l'eau, passe ensuite à l'état de carbonate d'ammoniaque.

Un simple coup d'œil jeté sur ces matières nous fait voir qu'elles sont des produits d'oxydation; et nous pouvons en conclure que, dans un animal, les fonctions de la vie se font par des procédés d'oxydation; du moins, l'examen des deux excrétions que je viens de nommer, et qui sont les principales, nous permet-il de tirer directement cette conclusion.

Mais, pour oxyder du carbone ou de l'hydrogène, il faut

Digitized by Google

de l'oxygène : or, la respiration en fournit qu'elle emprunte à l'air.

L'oxydation du carbone et de l'hydrogène est accompagnée d'un dégagement de chaleur et d'électricité. L'animal carnivore, que nous considérons, doit donc produire aussi de la chaleur et de l'électricité.

Nous dirons donc qu'un animal carnivore produit de l'acide carbonique, de l'eau, de l'oxyde d'ammonium, de la chaleur, de l'électricité. Il se débarrasse, par l'excrétion pulmonaire ou cutanée, de l'eau et de l'acide carbonique. Les urines emportent l'oxyde d'ammonium à l'état d'urée. Quant à la chaleur et à l'électricité, nous verrons plus tard comment l'économie les utilise.

Si nous examinons ensuite par quelles substances le carnivore remplace les matières qu'il a perdues, nous voyons qu'il les puise en entier dans ses aliments, et nous devons nous demander quels sont ces aliments. Or, il mange de la fibrine, qui fait la base principale de la chair musculaire ; de l'albumine, qui constitue la substance du blanc d'œuf et du sérum du sang ; du caséum, c'est à dire, la substance principale du lait et du fromage ; de la gélatine ; des graisses et du sucre de lait ; en un mot, toutes les matières qu'il trouve toutes faites dans les animaux qu'il dévore. Ces aliments servent à régénérer les matières détruites par les procédés de la vie, et à produire, par leur combustion, la chaleur que l'animal perd par le rayonnement ou par d'autres voies.

En comparant les aliments d'un carnivore avec les organes qui le constituent, on voit donc qu'il mange, qu'il s'assimile directement et qu'il consomme des matières dont il est lui-même composé. Nous aurons occasion, plus tard, de donner le sens précis de ces mots : assimiler et consommer. Quoi qu'il en soit, le procédé de la nutrition chez tout carnivore paraît offrir la plus grande simplicité.

4505. Il est impossible de ne pas se demander si, chez un animal herbivore, qui au premier aspect semble créer sa chair musculaire, et en général la matière des organes dont il est composé, le procédé de nutrition est le même. On a quelque peine à concevoir, au premier abord, qu'en définitive, l'herbivore mange absolument les mêmes matières que le carnivore ; en un mot, qu'il consomme et s'assimile les mêmes principes que lui.

Digitized by Google

Pourtant, ses excrétions sont les mêmes que celles du carnivore : car il exhale de l'acide carbonique et de l'eau par les poumons, de l'oxyde d'ammonium par les urines. Son organisation diffère à peine, et l'on ne découvre nulle part en lui ces organes extraordinaires qu'il faudrait supposer pour expliquer la création des matières que le carnivore trouve toutes faites dans sa nourriture.

Ainsi, l'herbivore ne peut pas différer du carnivore; et s'il mange des graines, des semences, des feuilles, des herbes, il s'agit maintenant de prouver que, ramenées à ce qu'elles ont d'essentiel, ces substances végétales présentent un ensemble de principes qui constituent des matières identiques avec celles dont le carnivore se nourrit.

Rien de plus facile; une simple analyse presque entièrement mécanique le prouve de la façon la plus nette. Citons, d'abord, l'exemple le plus concluant, celui qui concerne la nourriture la plus habituelle des herbivores, la farine, débarrassée le mieux possible de son.

Si on fait une pâte d'une consistance un peu plus forte que celle dont on se sert pour faire le pain, et qu'on la malaxe sous un filet d'eau, on voit que l'eau passe d'abord laiteuse à travers les interstices des doigts; en prolongeant l'opération, elle coule parfaitement claire; et il reste dans la main de l'opérateur une substance d'un blanc grisâtre, molle, insipide, élastique et susceptible d'être étirée en fils. Cette matière, connue sous le nom de gluten de la farine, est complexe, et se compose de plusieurs substances qu'une simple analyse, par les dissolvants, permet de séparer.

Qu'on la traite d'abord par de l'éther et elle lui cèdera des matières grasses. Reprend-on le résidu insoluble de ce traitement par de l'alcool qui ne soit pas trop concentré, et on obtient, au moyen de l'ébullition, une dissolution de laquelle se déposeront, par le refroidissement, des flocons d'une matière qui n'est autre que le caséum. En évaporant le liquide, on obtiendra ensuite une matière qui constitue la glutine proprement dite. Le résidu insoluble de ces traitements est la fibrine végétale, qui possède toutes les propriétés de la fibrine animale retirée du sang des animaux.

Ainsi, du gluten brut, on extrait : 1° des graisses, 2° du caséum, 3° de la glutine, 4° de la fibrine.

Digitized by Google

Mais, dans l'eau trouble qui s'est écoulée, on va retrouver d'autres matières encore : en effet, par le repos, elle va laisser déposer une substance parfaitement blanche qui formera une masse compacte; il sera facile de l'isoler en décantant l'eau surnageante. Cette substance est l'amidon.

Dans le liquide clair, il se formera, à l'aide de la chaleur, un nuage opalescent, dû à des flocons qui, réunis par la coagulation et par l'évaporation, offriront tous les caractères de l'albumine coagulée. On pourra retirer de cette eau, en l'évaporant davantage, une matière qui n'est autre chose que du sucre de raisin ou du glucose.

Ainsi, le filet d'eau avait dissous et entraîné 1° de l'amidon, 2° du sucre, 3° de l'albumine, identique avec celle du sérum et du blanc d'œuf.

Dans le gluten brut, produit végétal, nous trouvons donc les véritables principes des aliments des carnivores. Les expériences de M. Magendie ont prouvé que cette substance, donnée isolément, est précisément celle qui est la plus propre à entretenir la vie des animaux carnivores, celle des chiens par exemple; qu'à ce titre, elle l'emporte sur toutes les matières animales isolées, et qu'elle le cède à peine à la viande elle-même.

Analysons par des moyens analogues les semences qui servent de nourriture à tant d'animaux, les racines, l'herbe des paturages elle-même, et nous trouverons toujours dans ces produits l'albumine, le caséum, accompagnés d'amidon, de sucre et de matières grasses plus ou moins abondantes.

1406. Il ressort de là, que la nutrition s'opère de la même manière chez ces deux classes d'animaux, ou mieux encore dans toute l'échelle animale, quel que soit d'ailleurs le mécanisme qui sert à broyer ou à ingérer les aliments, quelle que soit la préférence de certains animaux pour un genre d'aliments particulier : questions dont nous n'avons nullement à nous occuper ici.

Remarquons, cependant, que le carnivore mange de la graisse mêlée avec des matières azotées, et qu'à la place d'une partie de ces matières grasses, l'herbivore consomme, le plus souvent, des matières amylacées, des sucres, des gommes en plus ou moins grande quantité. Mais, il n'en résulte pas une différence essentielle; les matières

Digitized by Google

grasses, pas plus que les gommes, les sucres, les fécules, ne servent à l'assimilation. Ces matières constituent, dans le procédé de la vie, la plus grande partie du combustible dont l'animal a besoin pour faire de la chaleur.

La forme de la nutrition seule est changée, mais, au fond, son caractère général reste le même. Tel animal brûle des graisses, tel autre brûle des fécules, quelques uns brûlent les unes et les autres; mais ces matières n'ont, en définitive, aucune influence spéciale sur les résultats, pas plus que la nature du combustible qui produit la vapeur ne peut influer sur la marche des machines que celle-ci met en mouvement.

Résumons, en quelques mots, ces vues générales. Les carnivores mangent les herbivores, et trouvent, tout formés dans ceux-ci, les principes qui constituent leur corps, ou du moins des principes très analogues, et que les plus légères modifications amènent à l'état nécessaire pour la formation des organes. Les herbivores mangent des végétaux dans lesquels, à leur tour, ils trouvent ces mêmes principes tout formés : ils sont donc l'intermédiaire entre les carnivores et les végétaux.

4407. Abordons, maintenant, quelques détails de plus. L'aliment le plus parfait, sans contredit, c'est l'aliment analogue au lait, qui suffit au développement des jeunes animaux. Or, le lait renferme :

1° Du caséum, matière azotée;

2° Du beurre, matière grasse;

3° Du sucre de lait, matière soluble.

Ces trois substances se retrouvent dans tous les aliments parfaits. Le chocolat les renferme. Beaucoup de semences, et en particulier les semences émulsives, les offrent aussi.

De ces trois matières, le sucre ou la partie soluble non azotée est celle dont les animaux se passent le mieux.

La viande, les œufs, n'offrent, en effet, que deux aliments :

1° Albumine, fibrine, matières azotées;

2° Graisses diverses.

Les matières sucrées, gommeuses, peuvent donc être remplacées dans l'alimentation; mais il n'en est pas ainsi des matières azotées.

Ceci posé, introduisons quelques nombres dans l'examen des questions que nous venons d'effleurer, et ils

Digitized by Google

prouveront toute l'importance des connaissances que la chimie pourra fournir un jour à l'économie politique, et le secours qu'elles prêteront au législateur, tout aussi bien qu'au physiologiste.

M. Lecanu a prouvé, dans une suite d'expériences faites avec soin, que, terme moyen, un homme rend par jour une quantité d'urine contenant, en nombres ronds, 32 grammes d'urée, ou 15 grammes d'azote environ.

D'après mes propres expériences, j'expire, par jour, une quantité d'acide carbonique qui correspond, au maximum, à 300 grammes de carbone brûlé, y compris l'hydrogène, que nous pouvons convertir en carbone par le calcul.

Or, si l'entretien régulier de la vie chez l'homme produit une élimination de 15 grammes d'azote et de 300 grammes de carbone, il est facile de voir que l'on modifierait les conditions de son existence, si on ne lui procurait pas les aliments représentés par ces produits de nos deux grandes fonctions, la respiration et la sécrétion urinaire. De même qu'on peut faire mourir un homme d'inanition en quelques jours, de même aussi, une quantité d'aliments insuffisante causerait la mort par inanition, au bout d'un temps plus ou moins long. Les conditions de l'hygiène publique seront donc altérées, si cet état de souffrance est le sort d'une partie de la population, comme cela arrive malheureusement assez souvent.

Au moyen des deux données expérimentales que je viens de rappeler, il est facile de dire quel est le minimum d'aliment convenable à un homme, et quelle espèce d'aliment il lui faut: car, sachant, d'une part, ce qu'il doit brûler de carbone, ce qu'il doit brûler d'ammonium; ayant, d'un autre côté, déterminé par l'analyse la nature des aliments, il suffit d'une simple équation dans laquelle les aliments divers, placés dans l'un des membres, devront équivaloir à 300 grammes de carbone et à 15 grammes d'azote contenus dans l'autre.

On retombe ainsi sur des nombres qui correspondent, à peu près, à la ration du cavalier français, et auxquels on est parvenu sans doute après bien des essais.

La ration du cavalier se compose, en effet, de :

Digitized by Google

			Matières azotées sèches.	Matières non azotées sèches.
Viande.....	285 gr.		70	»
Pain de munition....	750 »	1066	64	596
— blanc de soupe..	316 »			
Légumineux.....	200 »		20	150
			154	746

Or, 154 gr. de matières azotées sèches correspondent à 22,5 gr. d'azote et à 80 gr. de carbone; 746 gr. de matière non azotée correspondent à 328 gr. de carbone.

4408. Nous voyons l'homme prendre des aliments, les prendre en quantités déterminées pour produire de l'acide carbonique, de l'eau, de l'oxyde d'ammonium; il brûle ces aliments ou, à leur défaut, une partie de ses propres organes. En même temps, il produit de la chaleur, de la force: à ce point de vue, l'homme est une machine, en tout comparable à une machine à vapeur; mais son travail représente, à quantité de combustible égale, le double au moins, et, dans certaines circonstances, le triple de celui que pourrait produire la machine à vapeur la mieux construite.

Mais l'homme est une machine bien autrement merveilleuse dans l'économie générale de la nature; car il rejette dans l'atmosphère les produits qui doivent servir à reconstituer le combustible qu'il a consommé. Nous allons voir, en effet, que l'ammoniaque rendue par l'homme sert à reprendre à l'air, dans l'acide carbonique, exactement tout le carbone que l'homme lui-même a consommé, et à l'aide duquel il a formé cet acide carbonique.

Aux considérations concises que je viens de présenter sur la nutrition des animaux, ajoutons celles qui concernent les végétaux, puisque en définitive, c'est dans ceux-ci que se préparent les matériaux que les premiers ne font qu'assimiler ou consommer. L'homme, les animaux, n'empruntent rien à l'eau, rien à l'azote de l'air. Ils consomment de l'oxygène, pris à l'air, pour brûler leurs aliments.

Quelle que soit la source de ces aliments, ceux-ci se divisent en trois groupes de matières bien distinctes :

Digitized by Google

Le premier renferme les matières azotées : albumine, caséum, fibrine, gélatine;

Le deuxième, les matières végétales : amidon, gommes, sucres;

Le troisième, les matières grasses : huiles, graisses.

Les végétaux contiennent ces trois classes de produits.

Examinons, maintenant, comment ils les fabriquent, et rappelons-nous que les sécrétions animales, eau, acide carbonique, oxyde d'ammonium, sont les aliments des végétaux.

Allons au devant d'une objection : L'étude des fossiles nous apprend qu'il y avait des plantes à la surface de la terre, avant l'apparition de l'homme et des animaux. Mais il y avait aussi des volcans, éteints aujourd'hui, et qui lançaient alors dans l'atmosphère des quantités énormes d'acide carbonique. Ces volcans rejetaient aussi de l'ammoniaque, puisque autour de ceux qui sont encore en activité aujourd'hui, on trouve des sels ammoniacaux. L'existence de l'homme ou des animaux à la surface de la terre n'était donc pas nécessaire, pour permettre à la végétation de s'établir. Il serait facile de trouver encore d'autres sources d'ammoniaque; celle que je viens de citer suffit, et il serait inutile d'entrer, à cet égard, dans des détails qui nous écarteraient de notre objet.

4409. L'ammoniaque rendue à l'air par l'homme, sert donc à reprendre à l'air, dans l'acide carbonique qu'il contient, tout le carbone que l'animal avait consommé. Les recherches de M. Payen ont prouvé que tous les organes de la plante sont formés, à l'origine, par une matière azotée analogue à la fibrine, qui constitue ainsi le rudiment de tous ces organes. Ainsi, l'ammoniaque, les sels ammoniacaux, servent de point de départ à la vie de la plante; de plus, ils constituent presque toujours l'aliment au moyen duquel les plantes fabriquent les matières alimentaires azotées, qui sont de beaucoup les plus nécessaires à la vie animale.

Avant d'aller plus loin, je dois ajouter cependant qu'il y a des plantes qui, outre l'azote pris aux sels ammoniacaux, fixent l'azote de l'air; d'où nous sommes conduits à diviser les plantes en deux grandes classes : 1° celles qui ne fixent pas l'azote de l'air, telles que les céréales; 2°

Digitized by Google

celles qui fixent l'azote de l'air, telles que les légumineuses en général.

Cette distinction entre les plantes étant comprise, si on faisait abstraction des plantes qui fixent l'azote, l'agriculture serait chargée de refaire, avec l'urine de l'homme, au moyen de l'acide carbonique de l'air, le blé que l'homme mange. Mais, comme l'herbivore n'est qu'un intermédiaire entre l'homme et la plante, que la nourriture de cet intermédiaire est composée, en majeure partie, de plantes qui peuvent fixer l'azote de l'air ; comme l'herbivore, outre la viande qu'il fait à l'usage de l'homme, procure encore des fumiers à l'agriculture, et que l'azote de ces fumiers, emprunté en partie à l'air, étant transformé en sels ammoniacaux par la putréfaction, devient un aliment susceptible d'assimilation par les céréales, ou par les plantes qui n'ont pas la propriété de prendre directement cet élément à l'air, le problème de l'agriculture se présente sous une autre forme : c'est, essentiellement, l'art d'extraire l'azote de l'air au profit des herbivores qui nous donnent leur viande, au profit des engrais qui nous procurent le blé.

Si l'ammoniaque, provenant des urines, reproduit en grande partie les matières azotées dont les animaux se nourrissent, il est facile de déduire, comme conséquence immédiate, de ce fait, qu'une population humaine rend à la terre presque tous les produits efficaces qu'elle lui emprunte. A ne considérer qu'une partie de la surface du globe, cela est faux sans doute ; en la considérant tout entière, cela est vrai, sauf quelques pertes, dont nous ne pouvons discuter la valeur pour le moment.

Un coup d'œil sur la manière dont on utilise l'urine, montre quelles pertes locales on fait sur cette substance. Une grande partie se décompose à l'air libre, est entraînée dans l'atmosphère, retombe par la pluie, à tout hasard, sans distinction, où le vent la porte, de telle sorte, que, revenant sans cesse de la terre à l'air et de l'air à la terre, l'urine qui se décompose à Paris, peut nous revenir un jour de la Chine sous forme de thé.

L'agriculteur doit donc, par tous les moyens possibles, fixer dans chaque localité l'ammoniaque qu'elle peut produire. S'il la laisse se dissiper, elle est tout aussi utile, sans doute, à son voisin qu'elle l'eût été à lui-même ;

Digitized by Google

mais en la recueillant bien, il n'y aura pour lui aucune de ces pertes qui exigent des réparations toujours très coûteuses, et souvent même impossibles, comme on sait, dans les exploitations agricoles.

J'insiste sur la nécessité de retenir l'ammoniaque, de n'en pas laisser perdre : car si, au lieu de nous arrêter à sa fonction dans la plante, nous poursuivons les conséquences de son emploi, il est impossible de méconnaître toute l'importance sociale de ce produit. Ainsi, l'engrais flamand, où il joue un si grand rôle, après avoir fécondé la terre, devient une source de richesse et de bonheur pour la population qui a su le ménager. Et si les sels ammoniacaux sont les agents de la production des matières azotées, c'est sur l'art de les conserver, que reposent les progrès actuels de l'agriculture, puisque la production artificielle de sels ammoniacaux à bon marché, au moyen de procédés purement chimiques, n'est pas encore possible, dans l'état actuel de la science.

Faire de l'ammoniaque à bon marché, ce serait produire l'agent qui sert dans les végétaux à élaborer de l'albumine, du caséum, de la fibrine. Faire de l'albumine, du caséum, de la fibrine, ce serait faire de la matière animale, et on arriverait nécessairement à conclure que, faire de l'ammoniaque à bon marché, conduirait à augmenter la population animale, et par suite à augmenter les moyens d'existence de la population humaine elle-même.

4410. Cet aperçu montre toute l'importance du rôle de l'ammoniaque dans les phénomènes de l'organisation. Il reste bien encore quelques observations à faire à ce sujet; mais il faut d'abord que nous fixions nos idées sur le rôle de l'acide carbonique et sur celui de l'eau. Les matières azotées sont l'aliment principal de l'homme : elles contiennent du carbone, de l'hydrogène; de plus, nous voyons l'homme consommer des matières amylacées, gommeuses, sucrées, grasses, qui ne contiennent que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène.

Or, sauf la petite restriction que nous avons faite, en nous fondant sur les expériences de M. Payen, les plantes, pour s'assimiler le carbone, l'hydrogène et l'eau, pour en fabriquer ces matières grasses ou sucrées, etc..., n'ont

Digitized by Google

besoin, pour tout aliment, que d'eau et d'acide carbonique; ces deux autres excrétions de l'homme.

Pompé dans le sol, par les racines, transporté par la sève dans toutes les parties des végétaux, ou emprunté directement à l'atmosphère, par les feuilles, l'acide carbonique, en contact avec les parties vertes des végétaux, est décomposé sous l'influence directe des rayons solaires; son carbone est fixé par la plante, et son oxygène est exhalé. L'eau, dans la plante, subit sous la même influence une décomposition analogue, son hydrogène est fixé et son oxygène est exhalé; mais, de plus, pendant la végétation, il se fixe de l'eau en nature, sous l'influence vitale, ou au moins retrouvons-nous par l'analyse, de l'hydrogène et de l'oxygène, dans les rapports qui constituent l'eau; n'importe, pour le moment, quel est le mode suivant lequel elle est fixée.

Dans ces phénomènes, la plante agit encore d'une manière tout opposée à l'animal; elle fixe les produits qu'il excrète par les poumons, comme nous lui avons vu fixer ceux qu'il excrète par les urines; elle joue donc dans l'organisation un rôle tout opposé à celui de l'animal.

4411. La plante fixe du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, de l'eau. Au moyen de ces matériaux, elle fabrique les matières organiques et rejette l'oxygène dans l'air. L'animal, au contraire, brûle, au moyen de l'oxygène, les matières organiques que la plante a fabriquées; il rejette dans l'air l'acide carbonique, l'eau, l'oxyde d'ammonium. Cette opposition ne s'arrête même pas à la matière pondérable; la plante absorbe des forces chimiques : chaleur, électricité; l'animal produit des forces chimiques : chaleur, électricité. Nous pouvons donc résumer ces faits, en disant que la plante est un appareil de réduction, que l'animal est un appareil de combustion.

Ce cercle, ce va et vient de la matière doit-il être éternel, autant que nous puissions le prévoir? L'agriculture qui doit nourrir l'homme, par les aliments d'abord, par l'oxygène qu'elle rend à l'air ensuite, trouvera-t-elle toujours les matériaux qui sont nécessaires à l'alimentation des plantes?

En prenant cette question au point de vue le plus général, nous pouvons répondre affirmativement. En effet,

Digitized by Google

l'agriculture ne manquera jamais d'eau, ni d'acide carbonique, que les volcans, les animaux, les hommes rejettent toujours; les pertes qu'elle semble faire en ammoniaque ne sont pas réelles. Cependant, l'agriculture, considérée sur un point particulier de la surface du globe, pourra souffrir faute d'ammoniaque, si elle ne prend soin de le fixer.

4412. Examinons rapidement quels sont les moyens de remédier à cette perte locale d'ammoniaque; il y en a quatre principaux :

1° L'importation des bestiaux;
2° L'importation des céréales;
3° L'importation des fumiers azotés;
4° La culture des prairies artificielles.

Avec un peu de réflexion, et prenant pour base les opinions précédemment énoncées, on voit que ces quatre questions n'en font qu'une, et que l'importation des bestiaux, des céréales, des fumiers, ne seraient que des palliatifs temporaires à renouveler à chaque saison; c'est une plaie qu'on entretiendrait, sans la guérir.

Les principes prouvent que le vrai remède consiste à maintenir dans un rapport convenable la culture de la prairie qui fixe de l'azote, l'élève de l'herbivore qui le transforme en viande et en fumier; et la culture de la terre de labour où ce fumier se change en céréales à l'usage de l'homme. Par conséquent, le remède se trouve dans ce rapport qu'il convient d'observer entre la prairie et la terre destinée aux céréales.

Pour nourrir l'homme, il faut de la viande et du blé; pour faire du blé, il faut des fumiers; pour faire de la viande, il faut des prairies.

Une population humaine n'a que deux façons de se développer, sans s'exposer à de graves souffrances, par suite du défaut d'alimentation : l'une, si bien résolue en Flandre, consiste à récolter avec un soin incessant tous les fumiers qu'elle produit elle-même pour les reporter sur le sol; l'autre, consiste à développer et à maintenir en proportion convenable la culture des prairies.

Le premier système produira moins de viande, mais du moins donnera du blé.

Le second, qui est le système le plus parfait, donne à la fois le blé et la viande, dans les rapports appropriés à nos besoins.

Digitized by Google

Le législateur devrait donc faire tous ses efforts pour obtenir la création des canaux d'irrigation dans les pays agricoles.

Ces canaux permettraient d'augmenter la quantité des terres consacrées à la culture des prairies artificielles ou aux pâturages.

En conséquence, l'élève des bestiaux s'accroîtrait, et par l'augmentation des fumiers qui en résulterait, l'agriculteur, avec moins de travail, récolterait plus de blé, quoiqu'il eût diminué la quantité de terre consacrée au labour.

Ainsi, l'agriculteur, s'il avait de l'eau à sa disposition, par des canaux bien aménagés, produirait plus de fourrages, augmenterait le nombre de ses bestiaux et livrerait au marché tout autant de blé et bien plus de viande.

Les mêmes canaux qui lui auraient fourni l'eau, lui fourniraient un moyen de transport économique et prompt.

Des études approfondies sur la nature des fourrages, sur celle du blé, sur la composition des viandes, ont prouvé la vérité de ce système, que tous les amis de l'agriculture voudraient voir largement adopté en France.

Il y a longtemps que l'Angleterre le met en pratique. C'est à la multitude de canaux dont elle est sillonnée; c'est à la grande quantité de pâturages qu'elle possède, que l'Angleterre doit l'abondance et la beauté de ses bestiaux, qu'elle doit aussi la fécondité de ses terres cultivées en blé, qui, à surface égale, produisent le double du blé qu'on retire des nôtres, dans les provinces où l'agriculture est arriérée.

Si le gouvernement, éclairé sur cet intérêt, le plus puissant du pays, se décidait à féconder le sol par la création de nombreux canaux, il deviendrait parfaitement inutile de réclamer, comme on est forcé de le faire souvent, l'introduction des bestiaux étrangers, mesure funeste de toute façon, car elle prive à la fois l'agriculture française du bénéfice qu'elle eût obtenu de leur éducation et des fumiers qui en seraient résultés et que la fécondation de la terre labourable réclame.

Qu'on donne à l'agriculture française de l'eau pour arroser ses prairies et des canaux pour transporter ses produits à bas prix, et elle pourra faire à bon marché tout ce que réclament les besoins de la France.

Digitized by Google

4113. En résumé, dans la nature, rien ne se crée, rien ne se perd; tous les phénomènes que nous voyons se passer à la surface de la terre dans les êtres organisés, sont dus à des combinaisons qui se font, à des combinaisons qui se défont. La plante fabrique les aliments de l'animal dans les procédés de sa propre existence; elle rend à l'atmosphère l'oxygène que l'animal consomme et dont il tire parti pour brûler et détruire ce qu'elle avait créé; les produits de la combustion qui s'opère dans l'animal sont, à leur tour, les aliments de la plante.

Les principes les plus généraux de la statique chimique des êtres organisés, se réduisent donc à dire : L'animal est un appareil de combustion; la plante est un appareil de réduction. Ce théorème que j'ai énoncé depuis plusieurs années, une fois établi, rien n'était plus facile, pour un chimiste intelligent, que d'en tirer toutes les conséquences qui en découlent logiquement et que la pratique a, dès longtemps, reconnues et classées pour la plupart.

CHAPITRE II.

NUTRITION DES PLANTES.

4114. Les plantes se nourrissent des excrétions animales, c'est à dire, de l'eau, de l'acide carbonique, de l'oxyde d'ammonium; elles reçoivent ces aliments par l'intermédiaire de l'air. Considérée en grand, l'étude de la nutrition des plantes consiste donc véritablement dans l'examen de leurs rapports avec l'atmosphère.

Une plante qui végète pendant quelque temps, présente une incontestable accumulation de matière dans tous ses tissus : elle acquiert du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote; elle acquiert aussi des matières terreuses et minérales; mais, pour le moment, nous allons en faire abstraction; nous y reviendrons par la suite.

En bornant cet examen aux phénomènes principaux, en écartant les circonstances accidentelles qui peuvent intervenir, on peut s'assurer de la réalité des résultats

Digitized by Google

précédents à l'aide de quelques expériences simples, mais concluantes. Elles ne laissent aucun doute sur la fixation de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, qui a lieu dans les plantes, et sur la manière dont elle s'effectue pendant la végétation.

M. Boussingault emploie, pour cette démonstration, une grande cloche à trois tubulures. A la première, est adapté un appareil laveur, rempli d'eau destinée à laver l'air atmosphérique, et à le priver de toutes les poussières qu'il tient en suspension ; à la tubulure supérieure, on a adapté un entonnoir qu'on peut ouvrir et fermer à volonté : il est destiné à introduire l'eau distillée, qui doit servir à arroser les graines et les plantes qui se trouvent placées sous la cloche. Celles-ci sont contenues dans une capsule ou dans un vase renfermant du sable calciné. La cloche repose sur une terrine, à laquelle elle est parfaitement mastiquée, de manière à intercepter toute rentrée de l'air. La troisième tubulure communique avec un grand flacon d'appel, au moyen de deux tubes en U et d'un appareil laveur, qui peuvent retenir l'eau et l'acide carbonique, mais qui sont inutiles dans l'expérience dont il s'agit. Le flacon, étant rempli d'eau, et l'appareil bien fermé, si on ouvre le robinet placé à la partie inférieure du flacon laveur, on détermine le déplacement de l'air de la cloche : cette opération peut se renouveler aussi souvent qu'on le veut.

On voit, qu'à l'aide de ces précautions, la plante ou les graines qu'on enferme sous cette cloche, ne reçoivent en définitive, pour tout aliment, que de l'eau, de l'air, de l'acide carbonique.

Or, si on sème des pois dans ce sable calciné, en ayant soin de les arroser et de renouveler continuellement leur atmosphère, ces pois peuvent germer, développer leurs feuilles, et, chose vraiment remarquable, fleurir et fructifier.

4415. Rien de plus aisé que de se rendre compte des matières que le grain a gagnées ou perdues en se développant; une simple analyse comparative de la graine et de la récolte suffit. En effet, M. Boussingault détermine par l'analyse la nature des éléments et leur proportion dans les graines; il a répété les mêmes opérations sur les récoltes, et voici les résultats auxquels il est arrivé :

Digitized by Google

Les pois contenaient :

Avant la végétation.		Après la végétation.	
Carbone...	51,5 parties.	Carbone....	257,6 parties.
Hydrogène.	5,9 »	Hydrogène.	28,1 »
Azote.....	4,6 »	Azote.....	10,1 »
Oxygène...	44,0 »	Oxygène...	168,0 »
	106,0		443,8

Tout compte fait, on trouve :

186,1 parties de carbone fixé.
5,5 » d'azote fixé.
139,5 » d'eau fixée.
6,7 » d'hydrogène fixé.

Ces résultats prouvent, de la manière la plus évidente, que les pois, ainsi que quelques autres plantes, peuvent parcourir toutes les phases de leur végétation, en recevant, pour toute nourriture, de l'eau et de l'air. Ce n'est pourtant pas là de bonne agriculture, car les récoltes produites, de la sorte sont bien pauvres, en comparaison de celles qu'on obtient des terrains fumés.

Le phénomène que nous venons d'étudier est compliqué : en effet, une graine, une plante, qui se développent, présentent, dans certaines périodes de leur vie, des modifications dans leurs fonctions vitales, dans leur manière d'être avec l'air. A la quantité, déjà si considérable, de principes fixés, il faudrait encore en ajouter une autre portion, considérable aussi, qui s'est dissipée après avoir été fixée momentanément. Mais, si le résultat, simple en apparence, que je viens de donner, n'est que le résultat final d'un phénomène complexe, il n'en a pas moins pleinement confirmé la fixation de carbone, d'azote et d'hydrogène qui se fait dans les plantes, outre celle d'une certaine quantité d'hydrogène et d'oxygène qui se fixent à l'état d'eau ou dans les rapports qui constituent l'eau.

4416. Il ne suffit pas d'avoir nettement prouvé que la fixation des éléments qui constituent les plantes peut s'effectuer par l'intermédiaire de l'air seul, nous devons chercher, en outre, à bien définir les sources principales de ces éléments.

Quand on réfléchit à l'énorme quantité de carbone fixé continuellement par la végétation, on ne peut s'em-

Digitized by Google

pêcher de se demander s'il est bien vrai qu'il provienne, sinon entièrement, au moins à très peu de chose près, de la décomposition de l'acide carbonique de l'air. On sait que l'air contient ordinairement 4/10,000 de son volume, ou bien 6/10,000 de son poids d'acide carbonique : tout prouve que cette quantité est suffisante.

Un calcul bien simple fixera complètement les idées à ce sujet. Supposons, en effet, que l'air soit comprimé par une force qui lui donnerait la densité de l'eau, la colonne d'air, à cette densité, aurait une hauteur de 10 mètres environ ; dans cette colonne de 10 mètres, l'acide carbonique entrerait pour 4 millimètres, et en réduisant l'acide carbonique à l'état de carbone, on trouverait enfin que la quantité d'acide carbonique existant dans l'air serait représentée par un véritable vernis de diamant recouvrant toute la terre d'une couche d'un tiers de millimètre d'épaisseur à peu près. Cette quantité paraît minime, mais si on tient compte de la surface des mers, de celle des régions polaires, des déserts de sable, on trouve là un régulateur suffisant pour un phénomène, où il y a d'ailleurs des pertes et des gains de chaque instant.

La teneur en acide carbonique de l'air peut s'accroître, en effet, par les torrents d'acide carbonique que les volcans exhalent. Elle tend à se maintenir par les effets de la combustion qui s'opère dans nos foyers, par la respiration des animaux et leur décomposition, par la respiration nocturne des plantes et leur destruction, phénomènes qui jettent dans l'atmosphère des quantités considérables de ce gaz. Cette teneur peut s'abaisser, sans cesse, par la respiration diurne des plantes. On peut donc se demander si l'état actuel de l'atmosphère a toujours existé, ou bien si l'atmosphère n'a pas présenté une tout autre composition, en des temps reculés ?

M. Ad. Brongniart, se basant sur les renseignements précis de la géologie, a calculé la composition de l'air, avant la formation des houillères.

Il regarde la France comme donnant une idée assez exacte de la richesse du terrain houiller de l'Europe et peut-être du monde entier.

Elle contient, d'après ses calculs, environ 1/200 de terrain houiller, formant une couche de 20 mètres d'épaisseur ; l'Angleterre et la Belgique sont bien plus riches,

Digitized by Google

mais, tant d'autres pays le sont moins, qu'on peut admettre qu'il y a compensation.

Notre globe étant assimilé à la France, on trouverait donc une couche de houille d'un décimètre d'épaisseur pour toute la surface du globe; en transformant ce poids en acide carbonique, car il est incontestable que la houille provient de débris végétaux qui ont dû puiser eux-mêmes leur carbone dans l'acide carbonique de l'air, on en conclut que l'air, avant la formation des houillères, devait contenir au moins de 4 à 5 pour cent d'acide carbonique, terme moyen, et peut-être même, en exagérant, jusqu'à 8 ou 10 pour cent. L'air, chargé d'une quantité pareille d'acide carbonique, est nuisible, sinon mortel, pour les animaux à sang chaud : la géologie fossile nous apprend, en effet, qu'à cette époque il n'y avait pas d'animaux à sang chaud. Les expériences de M. Th. de Saussure ont prouvé que la végétation est plus prospère dans un air chargé de quelques centièmes d'acide carbonique; or, on sait que la végétation ancienne était beaucoup plus active; et le singulier développement des débris fossiles recueillis nous l'atteste d'une manière irrécusable.

Mais, s'il y avait si peu d'animaux, s'il n'y en avait même pas, d'où provenait cet acide carbonique de l'air, sinon des innombrables volcans, éteints aujourd'hui, qui le versaient dans l'atmosphère.

4417. Comment l'acide carbonique agit-il, quelles sont les conditions nécessaires à l'accomplissement régulier du phénomène qui nous occupe? c'est ce que quelques détails historiques vont établir. Bonnet observa le premier un dégagement de gaz autour des feuilles exposées au soleil sous l'eau aérée. Priestley découvrit que le gaz expiré était de l'oxygène. Senebier, à son tour, fit voir que cet oxygène provenait de l'acide carbonique dissous dans l'eau, et rattacha ce fait à la nutrition des plantes.

Pour que la décomposition de l'acide carbonique s'accomplisse, il faut que la partie verte des plantes soit exposée à la lumière solaire. Une plante qui n'en est pas frappée ne décompose pas l'acide carbonique; au contraire, en présence de l'eau aérée ou de l'air, elle pourrait en produire; les deux expériences suivantes ne laissent aucune espèce de doute à cet égard.

Digitized by Google

Qu'on place sous un vase opaque, une cloche renfermant des plantes dans une atmosphère d'acide carbonique, et qu'on la laisse ainsi à l'abri de la lumière, pendant plusieurs jours. Au bout de ce temps, si on transvase le gaz qu'elle contient, il présentera les caractères de l'acide carbonique : ce gaz est donc resté intact.

Dans une deuxième cloche, semblable à la précédente, qu'on place également des parties vertes de plantes, mais qu'on les expose à la lumière du soleil, affaiblie par un écran de gaze, ou simplement par une lame de papier transparent. Cette précaution est nécessaire : une plante, en plein air croît parfaitement, quoiqu'elle y reçoive directement les rayons solaires ; mais, quand on est obligé d'opérer sous des cloches, celles-ci offrent des portions lenticulaires, qui, concentrant la lumière à leurs foyers, produisent, sur les parties qui en sont frappées, des torréfactions qui tuent le végétal. En prenant ces précautions, on recueille de l'oxygène presque pur.

Ainsi, la lumière est nécessaire au phénomène : sans elle, pas d'action, sans elle, pas de vie végétale durable à la surface de la terre.

4418. Examinons, maintenant, sous quelles formes l'acide carbonique parvient à la plante.

Dans un ballon à trois tubulures, on peut, au moyen d'un flacon à écoulement, déterminer un courant d'air. Un appareil à boules, fixé à la première tubulure, sert à laver l'air qui entre. A la troisième tubulure, on adapte un tube en U, contenant de la ponce humectée d'acide sulfurique, qui retient l'eau ; puis un second appareil à boules, qui contient une dissolution concentrée de potasse, pour absorber l'acide carbonique ; celui-ci est suivi d'un tube en U, rempli de ponce humectée d'acide sulfurique, qui retiendrait le peu d'eau que la dissolution de potasse pourrait perdre. Ces deux appareils sont exactement pesés avant l'expérience, et, pour empêcher le retour d'un peu d'air saturé d'humidité dans les appareils tarés, on ajoute un troisième tube en U, contenant encore de la ponce humectée d'acide sulfurique.

Tout l'air qu'on fait passer dans cet appareil, quand il est exposé aux rayons solaires, se dépouille complétement d'acide carbonique ; les appareils tarés n'accusent aucune augmentation de poids pendant la durée de l'expérience.

Digitized by Google

Ainsi, les plantes puisent directement l'acide carbonique dans l'atmosphère; cette expérience le prouve de la manière la plus évidente.

N'admettons pas, cependant, que ce soit là l'unique source d'acide carbonique. Il peut être porté dans la plante par les racines qui le puisent dans le sol. L'humidité du sol, pompée par les racines et qui provient des pluies, s'est chargée d'acide carbonique, soit dans l'air, soit dans les fissures du sol. De plus, la combustion lente des fumiers déposés autour des plantes, est une source continuelle d'acide carbonique. La disposition de l'appareil, dont on vient de parler, permet de réaliser, en petit, ce phénomène, et de voir quel rôle joue cet acide carbonique. Les racines de la plante enfermée dans le ballon, étant plongées dans un vase rempli d'eau chargée d'acide carbonique, l'absorption porte cette eau dans toutes les parties de la plante, et l'acide carbonique, arrivant jusques dans les feuilles ou les parties vertes, y est décomposé au contact de la lumière. Quand on dispose l'expérience dans cette direction, on a soin de remplir le premier tube à boules d'une dissolution concentrée de potasse caustique, qui arrêterait l'acide carbonique provenant de l'air lui-même.

En résumé, les plantes ont deux sources où elles peuvent puiser l'acide carbonique : 1° elles l'empruntent directement à l'atmosphère ; 2° elles en pompent par leurs racines. Elles en reçoivent aussi par la rosée ; mais c'est l'acide carbonique de l'air qui leur parvient ainsi d'une manière indirecte.

4419. La lumière est nécessaire à la décomposition de l'acide carbonique : quelques mots suffiront pour le faire comprendre. Si on présente des branches vertes à l'objectif d'une chambre obscure, la lumière réfléchie par les parties vertes des plantes, agira très faiblement sur l'iodure d'argent des plaques du daguerréotype, comme si tous les rayons chimiques de la lumière, étant absorbés par le procédé de la vie des plantes, les rayons réfléchis par leurs parties vertes, n'exerçaient plus d'action chimique.

Les feuilles vertes agissent à peu près de la même manière que les corps noirs les plus propres à anéantir la lumière tout entière. Rien de plus digne d'une étude approfondie. Car, au moment où la lumière frappe ces feuilles,

Digitized by Google

les actions les plus mystérieuses de la nature et les plus importantes à dévoiler s'accomplissent d'elles-mêmes, en quelque sorte, tandis que rien ne nous autorise à penser que de telles actions puissent se reproduire par l'un quelconque des moyens dont la physique ou la chimie disposent aujourd'hui.

La décomposition de l'acide carbonique se fait sous l'influence de la lumière solaire et de la matière verte des plantes; mais cette matière verte est-elle douée de cette propriété par elle-même, ou bien a-t-elle besoin du concours des organismes végétaux? Des expériences faites par M. Morren permettent de décider complètement la question; la matière verte agit toujours de la même manière au contact des rayons solaires, qu'elle appartienne ou non à un organisme végétal.

L'eau tient quelquefois en suspension une matière verte, formée par des animalcules verts. Si on fait l'analyse de cette eau dans des circonstances météorologiques diverses, on trouve que le rapport de l'oxygène peut varier de 16 à 60 pour cent dans le gaz qu'on en extrait par l'ébullition, ou bien dans le rapport de 1 à 4. Analyse-t-on l'air après quelque temps d'insolation, on y trouve l'oxygène dominant et les animalcules présentent une vie active. Le ciel demeure-t-il couvert pendant quelque temps, les animaculès se montrent paresseux, et l'oxygène, disparaissant peu à peu dans l'air de l'eau, se trouve remplacé par de l'acide carbonique.

A l'aide de la lumière solaire, l'acide carbonique est donc décomposé par leur matière verte et l'oxygène est mis en liberté; si la lumière manque, des phénomènes inverses ne tardent pas à se manifester.

Quand un vivier renferme des poissons, ceux-ci absorbent rapidement l'oxygène de l'air tenu en dissolution par l'eau. Si les animalcules verts ne viennent pas lui restituer cet oxygène, en décomposant l'acide carbonique, à leur tour, les poissons souffrent et s'asphyxient peu à peu. Si, au contraire, le soleil darde ses rayons, les animalcules rendent bientôt à l'air tout son oxygène, et les poissons reprennent une vie active. Ces alternatives se reproduisent sans cesse, et deviennent surtout remarquables par l'étrange rapidité avec laquelle les résultats se manifestent.

Cette expérience, outre le rôle qu'elle assigne à la

Digitized by Google

matière verte, donne une idée exacte des phénomènes qui se passent dans l'atmosphère. En effet, dans l'atmosphère, l'équilibre est dû aux mêmes causes, mais les variations sont bien plus restreintes. Les mouvements de l'air sont plus rapides, sa masse est énorme, eu égard aux causes qui tendent à le modifier, tandis que dans l'eau des viviers ou des mares à conserves, les masses sont petites et les causes influentes énormes.

Indépendamment des animalcules verts qui agissent à la manière des plantes vertes, M. Morren a découvert des animalcules de couleur rouge qui reproduisent les mêmes effets. Cette découverte est du plus grand intérêt; car on avait été jusqu'ici tenté de reléguer cette action remarquable dans la matière verte des plantes, quoique le feuillage de certains végétaux, de certains arbres, ait une teinte pourprée ou presque rouge, même dans leur état normal. D'après les expériences de M. Morren, il y aurait donc plusieurs matières colorées qui seraient capables de servir d'instrument à la décomposition de l'acide carbonique.

Les plantes qui ne sont pas vertes, les fruits qui perdent leur couleur verte pour se teindre des nuances de la maturité, les fleurs, etc., ne décomposent pas l'acide carbonique. Dès que la matière verte apparaît dans une plante exposée à la lumière, la décomposition de l'acide carbonique commence. La matière verte qui se forme, est-elle l'instrument ou le produit de la décomposition? Si elle en est le produit, serait-elle ensuite transformée, par des remaniements successifs qui la renouvelleraient sans cesse, en ces produits variés que la végétation développe? On serait disposé à penser que la matière verte est un instrument, un agent; qu'elle s'altère, sans doute, mais peu; que, sous son influence, les autres matières se produisent et sont entraînées par endosmose, de cellule en cellule, jusques aux vaisseaux qui les charrient dans les divers organes de la plante.

4420. Il existe pourtant des plantes incolores, qui parcourent toutes les phases de leur existence, sans se colorer. Les champignons sont dans ce cas. Dans les mines les plus obscures, certains de ces champignons peuvent se développer; conséquence assez naturelle de l'absence de coloration, qui, ne leur permettant pas d'agir sur la lumière, les rend capables de se passer de son influence. Remarquons, toute-

Digitized by Google

fois, que les champignons que l'on observe dans les mines, sont d'un blanc de neige, tandis que ceux qui se développent sous l'influence de la lumière, sont toujours teintés de diverses nuances.

Mais remarquons, de plus, que les champignons sont toujours parasites. Ils vivent aux dépens des végétaux ou des animaux vivants ou morts, et toujours au moyen des matières organiques toutes faites que ceux-ci renferment. La vie des champignons est en tout comparable à celle des animaux; leur nourriture est la même, et peut-être l'analogie peut-elle être poussée fort loin entre ces deux classes d'êtres si éloignés en apparence.

4421. Ainsi, pour nous, le règne végétal se caractérise essentiellement, en cette portion des plantes qui possède la faculté de décomposer l'acide carbonique; c'est là que le règne végétal jouit de la plénitude de ses caractères, qu'il accomplit sa mission sur le globe. Les organes reproducteurs des plantes ne sont qu'une transition. Les champignons sont des êtres trop mal connus sous ce rapport, pour nous en occuper plus longtemps. C'est dans les parties vertes des plantes que nous verrons, en conséquence, le grand appareil qui peut exercer quelque influence sur la constitution de l'air, et qui mérite d'être classé parmi les grands instruments que la physique du globe doit connaître.

En supposant que les plantes eussent cessé de fonctionner à la surface du globe, le calcul prouve que la quantité d'oxygène de l'atmosphère suffirait aux procédés de la respiration des animaux actuellement existants, pendant des milliers d'années. D'après ce qu'on sait de la nutrition des animaux, la disparition des plantes amènerait au contraire leur mort par inanition, dans un temps très court.

D'après tout ce qui précède, il est impossible de ne pas arriver à la conclusion, que le carbone des plantes provient essentiellement de la décomposition de l'acide carbonique.

Une dernière considération nous conduit à faire une importante restriction. En rapportant la belle expérience de M. Boussingault sur le développement complet, en vase clos, des pois, alimentés par de l'air, de l'eau, et de l'acide carbonique, on a vu que la récolte, comparée à celle qui se produit dans des terrains fumés, était bien pauvre.

En fumant le terrain dans lequel les plantes doivent se

Digitized by Google

développer, on augmente les conditions d'accroissement : le fumier apporte des matières azotées ; il entoure les racines d'une source incessante d'acide carbonique qui, pompé par les sucs de la plante, se décompose au contact de la matière verte des feuilles. Ce fumier amène avec lui des sels minéraux, indispensables au développement complet des plantes ; il amène enfin des matières organiques solubles qui, dans certains cas, comme l'a prouvé M. Th. de Saussure, sont indispensables à la nutrition des végétaux.

4422. Il faudrait répéter relativement à la décomposition de l'eau, tout ce qu'on vient d'établir relativement à la décomposition de l'acide carbonique par les plantes ; l'hydrogène des plantes provient de l'eau ; et de plus, elles fixent de l'eau en nature.

On a maintenant la preuve certaine que plusieurs champignons dégagent de l'hydrogène en nature : MM. Edwards et Colin ont fait voir que les tiges du *Polygonum tinctorium*, placées sous l'eau, dégagent de l'hydrogène ; M. Payen a prouvé, par l'analyse des parties ligneuses des végétaux, que l'hydrogène s'y trouve toujours en léger excès, par rapport à l'oxygène.

Ajoutez à ces preuves les expériences directes de M. Boussingault sur le développement des pois, et sur celui du trèfle et du froment, dont voici les nombres :

FROMENT.

	Graines	Après 3 mois de végétation	100,0 de graine ont fixé
C.....	46,6	88	41,4 de carbone
H....	5,8	10,0	0,0 d'azote
Az....	3,5	3,7	41,8 d'eau
O....	44,1	81	0,0 d'hydrogène
	100,0	183.2	183,2

TRÈFLE.

	Graines	Après 3 mois de végétation	100,0 de graine ont fixé
C....	50,8	131,3	80,5 de carbone
H....	6,0	17,1	2.6 d'azote
Az....	7,2	9,8	72,8 d'eau
O.....	36,0	100,7	3,0 d'hydrogène
	100,0	258,9	258,9

Digitized by Google

Pour le froment, il n'y a pas eu d'hydrogène fixé, mais beaucoup de carbone et beaucoup d'eau; tandis que pour le trèfle, il y a eu à la fois fixation de carbone, d'azote, d'hydrogène et d'eau.

Si j'ai insisté sur cette décomposition de l'eau dans les plantes, établie par M. Boussingault, c'est que cet accident de la vie des plantes, la fixation du carbone par la décomposition de l'acide carbonique, s'élève ainsi à la hauteur d'un grand théorème de la physique générale du globe, qui forme l'équivalent de cet autre phénomène, si bien mis en évidence par Lavoisier, la combustion du carbone et de l'hydrogène, qui caractérise la vie des animaux.

Les plantes réduisent l'eau, et s'approprient l'hydrogène; elles réduisent l'acide carbonique, et s'approprient le carbone; elles décomposent l'oxyde d'ammonium : ce sont des appareils réducteurs.

Les animaux, au contraire, brûlent du carbone, brûlent de l'hydrogène : ce sont des appareils d'oxydation.

Cette propriété des plantes de s'emparer du carbone de l'acide carbonique, et de mettre son oxygène en liberté, ne nous est offerte par aucun appareil, par aucune force chimique; la chimie est incapable, jusqu'à présent, de reproduire ce phénomène de la vie des plantes; la physique devra un jour chercher à l'expliquer. Il faudrait constater si le daguerréotype, qui *regarde* une plante, se comporte comme il le ferait en présence d'une plaque noire; si la lumière réfléchie par les parties vertes est dépourvue de rayons chimiques. Les plantes absorbent certainement une grande partie de la puissance chimique que le soleil verse sur la terre; et comme tous ces phénomènes se lient, si l'animal produit de la chaleur et de l'électricité, la plante, à son tour, absorbe de la chaleur et de l'électricité.

4423. Il reste à examiner comment l'azote s'introduit dans les plantes; il y arrive par deux voies : 1° par l'air, 2° par les engrais.

Par l'expérience sur le développement des pois, il est déjà constaté qu'en vase clos, ils empruntent de l'azote à l'air. Le trèfle, ainsi que les topinambours, cultivés à peu près dans les mêmes circonstances, offrent le même genre d'action.

Digitized by Google

Si cependant on répète l'expérience sur d'autres plantes, ce phénomène ne s'observe plus ; ainsi, les céréales n'empruntent pas d'azote à l'air. Les plantes se divisent donc sous ce point de vue en deux groupes bien distincts :

1° Celles qui prennent de l'azote dans l'air : pois, trèfle, topinambours ;

2° Celles qui l'empruntent aux engrais : céréales, oléagineuses.

Si nous savons que l'azote des plantes peut être emprunté à l'air, nous ignorons complètement dans quelles circonstances et à quel état il se fixe dans la plante. On peut supposer qu'il entre directement dans leurs organes, quelques unes de leurs parties étant aptes à l'absorber en nature, en le prenant à l'air. Il peut y être porté par l'eau, toujours aérée, qui est pompée par les racines. Les feuilles de la plante peuvent le convertir en ammoniaque, au moyen de l'hydrogène de l'eau décomposée par elles. Enfin, cet azote fixé provient certainement, en partie, des traces d'ammoniaque que l'air renferme, d'après les expériences de M. Th. de Saussure.

S'il existe quelques doutes à cet égard, doutes que l'expérience écartera, il n'en est plus de même des plantes qui puisent l'azote par l'intermédiaire des engrais. Les engrais agissent par l'urée, l'acide urique, les matières animales, qui toutes se transforment en sels ammoniacaux, en se décomposant ; une seule expérience le prouvera sans difficulté ; elle est due à M. Schattenmann, directeur de la manufacture de Bouxvilliers.

Il a observé qu'en arrosant un champ avec une dissolution de sulfate d'ammoniaque provenant du fumier de cheval traité par le sulfate de fer, les places arrosées se distinguaient de celles qui ne l'étaient pas, par la vigueur des plantes. Des lettres tracées par l'engrais étaient visibles à une très grande distance pendant toute la durée de la végétation.

On conçoit de quelle importance ce fait bien constaté doit être pour l'agriculture. Dans quelques pays, la routine avait appris ce que la théorie explique : dans le canton des Grisons, par exemple, les eaux de fumier sont traitées par du sulfate de fer ; l'ammoniaque qui se développe, détruit le sulfate de fer, et forme du sulfate d'ammoniaque, qui, de la sorte, ne se perd pas dans l'air ; dans

Digitized by Google

d'autres endroits, on mêle l'urine ou les eaux de fumier avec du sulfate de chaux, qui fixe également l'ammoniaque. Il ne faudrait pas néanmoins employer le sulfate de chaux pour fixer l'ammoniaque avec des matières exposées à se dessécher; car alors il se reproduirait du carbonate d'ammoniaque capable de se volatiliser en entier. Aussi n'a-t-on pas réussi dans les écuries où l'on a cherché à supprimer l'odeur ammoniacale, au moyen de quelques aspersions de sulfate de chaux.

Les recherches de M. Boussingault et de M. Payen ont mis hors de doute, d'une part, l'influence des sels ammoniacaux comme engrais dans la végétation, et, de l'autre, toute l'utilité qu'on retire de l'emploi des matières animales, ou plus généralement des matières azotées dans la fumure des terres.

Dans un travail récent, ils ont fait voir que tout véritable engrais agit surtout par son azote et proportionnellement à cet azote. Aussi, ont-ils proposé, et probablement avec grande raison, de faire usage des engrais d'après leur teneur en azote, ce qui les a conduits à en dresser la table suivante, où ils sont rangés d'après leurs valeurs équivalentes. Cette table montre que 100 parties de fumier de ferme peuvent être remplacées par 3 de sang sec ou de résidus animaux, par 25 de marc de raisin, etc. Voici le tableau des principaux équivalents de ce genre :

Fumier de ferme.....	100
Goëmon.....	50
Tourteaux de graines oléagineuses.	8
Marc de raisin.....	25
Eaux des féculeries.....	600
Eaux de fumiers.....	70
Colombine.....	5
Engrais flamand liquide.....	200
Poudrette..... de 10 à	25
Sang sec ou chair sèche..... Plumes, bourres, chiffons, cornes.	3
Noir animalisé.....	40

4424. J'ai déjà trop souvent appelé l'attention sur le rôle de l'urine dans la végétation, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur les soins que l'agriculteur doit mettre à les récolter.

Digitized by Google

Le tableau qui précède ne donnerait pas, à cet égard, des idées parfaitement justes, si on ne rappelait que, dans la préparation de l'engrais flamand, aucun des produits des vidanges n'est perdu, qu'il en est de même dans la préparation du noir animalisé. En conséquence, si la poudrette présente une valeur supérieure à poids égal, cela ne prouve nullement que ce produit doive être préféré dans la grande économie d'un pays. Pendant sa préparation, en effet, une très grande proportion de produits utiles se perd dans l'atmosphère qu'elle empeste d'ailleurs. On ne saurait trop faire connaître les avantages de l'engrais liquide; ils se résument en deux mots :

1° L'homme donne à l'air de l'acide carbonique et de l'eau, que l'agriculteur sera toujours sûr d'y retrouver au delà de ses besoins;

2° L'homme rejette par l'urine et les excréments qui constituent l'engrais liquide, après une fermentation préalable, tous les autres produits de son alimentation;

3° En conséquence, avec l'engrais liquide et l'air, l'agriculteur doit avoir à sa disposition les matériaux nécessaires à la végétation des plantes les plus propres à l'alimentation de l'homme.

Les déjections des animaux, qui constituent la nourriture des plantes les plus utiles, telles que les céréales, leur sont aussi nécessaires que le pain ou la viande le sont à l'homme lui-même. Sous ce rapport, on ne saurait trop blâmer l'incurie qui préside à la récolte et à l'emploi des vidanges dans la plupart des grandes villes. Parmi les efforts qu'on y tente pour diminuer la misère des classes pauvres, toute bonne administration devrait mettre au premier rang l'art de diminuer le prix des récoltes, et d'en élever le rendement par le bon emploi des vidanges de la ville elle-même.

4425. Une dernière réflexion à ce sujet. On sait avec quelle facilité l'ammoniaque se dissout dans l'eau, qui en prend environ 430 fois son volume; on sait aussi que l'acide chlorhydrique est doué d'une solubilité analogue. Mais comparons la manière dont ces deux dissolutions se comportent.

En chauffant de l'acide chlorhydrique d'une certaine densité, il bout à 118° sans altération, et il est impossible de le séparer de l'eau par des moyens physiques. A la

Digitized by Google

température de 50° à 60°, au contraire, l'eau ne retient plus une trace d'ammoniaque; elle perd du reste tout son gaz à la température ordinaire dans le vide; elle le perd de même à l'air dans des vases ouverts.

Dans les vues de la création, la dissolution d'ammoniaque devait avoir cette propriété; car c'est ainsi qu'elle peut être condensée par les pluies qui la portent aux plantes, et qu'elle est de nouveau volatilisée et transportée ailleurs, si elle n'est pas saisie et utilisée dans le point qui l'a reçue; c'est là sans doute la cause finale des propriétés de la dissolution aqueuse d'ammoniaque.

Mais autant ces propriétés étaient nécessaires dans les vues de la création, pour que l'ammoniaque ne fût pas dérobée à la végétation qui la réclame, autant, dans les vues plus personnelles de la société, elles sont nuisibles. C'est précisément cette volatilité de l'ammoniaque résultant de la décomposition de tous les détritus animaux d'une ville, qui fait que celle-ci ne restitue pas au sol des terres voisines, comme elle pourrait si bien le faire, toute la somme d'engrais que ce sol exige pour reproduire la somme de matière organique nécessaire pour la nourrir.

Aussi, devons-nous appliquer toute notre attention à circonscrire le rayon dans lequel s'utilisent les produits azotés que nous rejetons, et regarder comme perdus, quoique la nature sache les mettre à profit ailleurs, tous ceux que l'air balaye et transporte au loin, tous ceux que nos fleuves charrient et qui vont se perdre dans l'immensité des mers.

CHAPITRE III.

PHÉNOMÈNES DE COMBUSTION DANS LES ÊTRES ORGANISÉS.

4426. Les parties vertes des plantes, frappées par les rayons solaires, ont la propriété de décomposer l'acide carbonique et l'eau, et d'en dégager l'oxygène, en fixant le carbone et l'hydrogène.

Dans certaines périodes de leur développement, les plantes présentent des propriétés tout autres dans leurs

Digitized by Google

rapports avec l'air : ces phénomènes serviront naturellement de transition à l'étude de la respiration chez les animaux.

Pendant la germination, la floraison et la fécondation, les phénomènes de la respiration dans la plante sont complètement modifiés; elle ne fonctionne plus comme appareil réducteur, mais elle brûle du carbone, de l'hydrogène, et produit de l'acide carbonique et de l'eau; elle a complètement changé de rôle et fonctionne à l'égard de l'air, comme le ferait un animal.

Quelques expériences vont le prouver de la manière la plus nette.

Si dans une cloche, on expose une fleur à l'action de l'air et de la lumière, on voit l'air qu'elle renferme, troubler bientôt d'une manière non équivoque l'eau de chaux avec laquelle on le met en contact; il est même inutile, pour que le phénomène soit appréciable, de mettre la plante à l'ombre et d'en séparer très exactement les parties vertes; car, malgré la quantité d'oxygène que ces parties ont pu mettre en liberté, l'expérience n'a rien de douteux.

La production d'acide carbonique est facile à constater. Mais il n'en est plus de même lorsque, comparant la plante à l'animal, on cherche à s'assurer, par l'expérience, que la production d'acide carbonique et d'eau, qui s'est effectuée dans les fleurs, a été accompagnée d'un développement de chaleur.

Ces observations, en effet, sont très difficiles dans la plupart des cas. Cependant, cette propriété a été constatée, dans ces derniers temps, sur des fleurs volumineuses, telles que celles de certains arums, et en général des plantes de la familles des aroïdées : ces expériences sont tout à fait concluantes.

Ce phénomène remarquable a été observé pour la première fois par Lamark, en 1777, sur l'*arum italicum*. Senebier en reconnut l'existence sur une plante très commune dans nos climats, l'*arum maculatum*. Plus tard, Hubert vit, à l'île Bourbon, le spadice de l'*arum cordifolium*, monter de 20° ou 25° au dessus de la température ambiante.

C'est sur cette dernière plante, qui est connue maintenant sous le nom de *colocasia odora*, que M. Adolphe

Digitized by Google

Brongniart a fait des expériences, dans ces derniers temps, et que MM. Vrolik et Vriese ont également opéré, à Amsterdam.

M. Brongniart a découvert le fait remarquable, que la température de la fleur s'élève tous les jours, par une sorte de fièvre ou de paroxisme, bien au dessus de la température ambiante; le maximum est placé d'abord de midi à quatre heures; plus tard, il a lieu dans la matinée. La fleur peut offrir 11° ou 12° d'excès sur la température de l'air. A partir de l'épanouissement du spathe, jusqu'à son extinction, qui eut lieu six jours après, la fleur présenta les mêmes phénomènes tous les jours, à l'intensité près.

En confirmant les observations de M. Brongniart, les savants hollandais y ont ajouté des remarques précieuses et de nature à compléter l'étude de ce curieux phénomène. Ils ont constaté que la température de la fleur, qui monte si haut dans l'air, s'élève également dans l'oxygène, mais que dans l'azote rien de pareil ne se présente. Ils se sont assurés qu'à mesure que la température de la fleur s'élève, il y a formation d'acide carbonique; que la production de cet acide est proportionnelle à l'accroissement de la température. En un mot, ils ont reconnu, dans ce phénomène, tous les caractères d'une combustion, et ils n'hésitent pas à le caractériser de la sorte.

On peut donc affirmer que, dans le *colocasia odora*, il y a tous les jours, pendant la fécondation, une élévation de température considérable, déterminée par la combustion du carbone, et d'où résulte la formation d'une grande quantité d'acide carbonique, ainsi que le développement d'une odeur intense qui paraît liée à ce phénomène de combustion.

Ces observations, en ce qu'elles ont d'essentiel, ont été revues et confirmées plus récemment par M. Dutrochet, au moyen d'appareils thermo-électriques.

4427. Ce que l'on vient de dire de la fleur, il faudrait le répéter ou à peu près pour le fruit : quand les fruits commencent à mûrir, quand ils perdent leur couleur verte, en prenant les couleurs que chacun d'eux revêt pendant la maturation, ils développent de l'acide carbonique, et cela jusqu'à l'époque de leur décomposition. Cette propriété des fruits se constate facilement d'une manière directe

Digitized by Google

par l'expérience ; seulement, le phénomène est un peu plus long à se produire.

Le même phénomène se présente pendant la germination. Dans une éprouvette, où l'on met des grains d'orge en contact avec de l'air humide, les grains germent bientôt. En examinant les gaz produits dès l'apparition des plumules, mais avant le développement complet des feuilles, on y constate la présence de l'acide carbonique.

Ceci explique ce qui se passe dans les germoirs des brasseurs : si les locaux ne sont pas bien disposés, si l'air ne peut s'y renouveler constamment, il arrive un moment où il devient assez riche en acide carbonique pour causer de véritables accidents d'asphyxie ; et ces accidents se sont présentés dans une brasserie de Paris, il y a quelques années, avec des circonstances très graves.

Les tubercules offrent les mêmes phénomènes, pendant leur germination.

4428. Nous avons admis que la plante, dans toutes ces circonstances, brûle du carbone et de l'hydrogène. Les expériences les plus simples ne laissent aucun doute sur la production d'acide carbonique ; avec quelques précautions, on constate qu'en même temps, il s'est brûlé de l'hydrogène. L'expérience exige des analyses rigoureuses. En effet, si on exécute l'analyse des graines avant la germination, et si on répète la même expérience après qu'elle s'est effectuée, l'examen comparatif des résultats ne laisse aucun doute à cet égard.

C'est précisément ce qu'a fait M. Boussingault ; voici les résultats qu'il a obtenus :

	Carbone	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.
1000 parties de graine de trèfle, renfermant....	508	60	72	360
se réduisent par la germination, à 932 parties, renfermant.	480	59	74	319
et après le développement des feuilles séminales, à 833 parties, renfermant.	394	50	72	317

D'où l'on voit, en tenant compte des erreurs possibles de l'expérience, que la graine de trèfle, en germant, perd du

Digitized by Google

carbone et de l'oxygène d'abord, puis du carbone et de l'hydrogène.

	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.
1000 parties de grains de froment, renfermant..	466	58	33	441
se réduisent, après l'apparition des radicules, à 974 parties, renfermant.	458	57	36	423
et lorsque les tiges eurent acquis la longueur des grains, à 966 parties, renfermant.	459	57	36	434
enfin, quand les parties vertes dominaient, à 841 parties qui contiennent.....	397	51	36	357

En définitive, perte de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; mais, perte de carbone prédominante.

4429. En discutant l'expérience par laquelle on a fait voir qu'une, plante à l'abri de la lumière solaire, ne décompose pas l'acide carbonique, on a vu que la quantité d'acide carbonique avec laquelle on l'a mise en contact augmente au lieu de diminuer. Il est probable que dans la nuit la plante fonctionne en partie, comme elle le fait dans les cas que nous venons de citer; outre la quantité d'acide carbonique qui passe mécaniquement dans son intérieur et qu'elle rejette indécomposé dans l'air, elle peut en produire une certaine quantité par une véritable combustion.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons résumer ces faits en un théorème qui rappelle une des plus belles vérités que les expériences chimiques aient constatées dans ces derniers temps.

Toutes les parties vertes des plantes absorbent les rayons chimiques de la lumière; elles absorbent de la chaleur, de l'électricité; elles décomposent l'eau, l'acide carbonique; elles fixent le carbone, l'hydrogène, en dégageant l'oxygène; elles agissent comme appareils réducteurs. Les parties non vertes des plantes n'absorbent pas les rayons chimiques de la lumière; elles produisent de l'électricité; elles exhalent de la chaleur; elles brûlent du carbone, de l'hydrogène. En un mot, dans toutes les circonstances où la

Digitized by Google

plante a besoin de chaleur, et quand elle n'en reçoit pas du dehors, elle agit comme le ferait un animal : elle était appareil réducteur, elle devient appareil de combustion, et on peut dire, sans métaphore, que dans ces périodes la plante devient animal et fait réellement partie du règne animal, au point de vue de la physique générale du globe.

Nous n'avons pas à nous occuper pour le moment de rechercher au moyen de quels matériaux la plante produit cet acide carbonique et cette eau, nous reviendrons sur cet objet en parlant des sources de la chaleur animale ; il suffit de rappeler que certaines parties des plantes contiennent des matières qui, pendant leur germination et leur développement, disparaissent des réservoirs où elles étaient accumulées : les betteraves perdent du sucre, les pommes de de terre de l'amidon, les graines oléagineuses des matières grasses.

Ajoutons enfin, que de même qu'un animal a besoin d'oxygène pour vivre, de même la plante qui germe, qui fleurit, qui se féconde, en a besoin ; l'oxygène lui est tout aussi indispensable, dans ces périodes de sa vie, qu'à l'animal lui-même.

4430. Mais, si la plante produit de l'acide carbonique et de l'eau sans doute, dans les organes tels que la fleur ou le fruit, où elle a besoin de développer de la chaleur, que faut-il penser du développement de chaleur qui aurait lieu dans les parties vertes elles-mêmes, au milieu du jour, et par conséquent précisément à l'heure où le soleil vient de les frapper?

M. Dutrochet a exécuté, en effet, des expériences très délicates, d'où il résulte qu'une plante verte possède, vers le milieu du jour, une température supérieure d'un tiers ou d'un quart de degré à celle d'une plante semblable placée dans les mêmes circonstances, mais morte. La difficulté de telles expériences, la petitesse de la différence qu'il s'agit de mesurer, en rendraient les résultats très incertains. Mais il faut dire que M. Dutrochet s'est entouré de toutes les précautions qu'il a pu imaginer, et qu'il a reconnu que la plante vivante éprouve tous les jours une élévation semblable de température, quand elle est exposée à l'air libre. Il a vu de plus que, si la plante est maintenue dans l'obscurité, le même paroxysme se manifeste

Digitized by Google

pendant trois jours; mais l'excès de température va en s'affaiblissant, et le phénomène finit par disparaître.

On peut certainement admettre, sans répugnance aucune, même en adoptant pleinement les vues que je professe ici, qu'à côté du phénomène général, en vertu duquel les parties vertes des plantes décomposent l'acide carbonique en s'emparant de la chaleur et de la lumière solaire, il se passerait un autre phénomène, une véritable combustion dans les liquides de la plante, au sein même des vaisseaux qu'ils parcourent. C'est à celle-ci qu'il faudrait attribuer la faible élévation de température observée.

4431. Après avoir cherché à faire comprendre le rôle de la plante dans ces circonstances purement accidentelles, et qui ne sauraient en rien modifier l'opinion sur leur mode d'action au point de vue général de la statique chimique des êtres organisés, il reste à étudier la respiration des animaux.

L'animal, dans sa respiration, absorbe de l'oxygène, produit de l'acide carbonique, de l'eau, de la chaleur, de l'électricité, et perd du carbone et de l'hydrogène: ce phénomène a lieu dans toute la série animale. Il faut le démontrer et l'étudier avec soin dans quelques espèces.

Rien n'est plus facile; car il suffit d'étudier l'air confiné dans lequel un animal a vécu pendant quelque temps, pour y reconnaître les résultats essentiels.

Si, au moyen d'un soufflet, on fait barboter l'air ordinaire dans un verre rempli d'eau de chaux, on n'aperçoit pas ou presque pas de trouble; si, au contraire, on y fait passer l'air sortant des poumons, un trouble manifeste apparaît au bout d'un temps très court, et la liqueur contient bientôt une quantité très considérable de carbonate de chaux.

En enfermant pendant quelque temps un oiseau dans une cloche remplie d'air, on observe le même phénomène.

Mais ce sont là des animaux à sang chaud; qu'arriverait-il pour les animaux à sang froid? La même propriété se manifeste à leur égard.

Une grenouille est-elle placée dans l'air pendant quelques heures, l'air renferme de l'acide carbonique; l'eau de chaux en donne la preuve.

Des escargots étant enfermés dans de l'air pendant quel-

Digitized by Google

ques jours, l'eau de chaux se trouble fortement au contact de celui-ci.

Si, au lieu d'expérimenter sur des animaux aériens, on examine ce qui se passe chez les poissons, on constate le même phénomène : leurs branchies agissent sur l'oxygène dissous dans l'eau, absolument de la même manière que le poumon de l'homme sur l'air libre qui l'entoure ; le phénomène reste le même pour le fond, la forme seulement en est changée ; d'ailleurs, la quantité d'acide carbonique est extrêmement diminuée, puisque, pour une tanche, par exemple, d'après MM. de Humboldt et Provençal, elle n'équivaut qu'à la 50,000e partie de celle qui est produite par l'homme ; quantité qui paraîtra bien faible néanmoins.

Rien de plus aisé, du reste, que de prouver la production d'acide carbonique et la disparition d'oxygène pendant la respiration des poissons : il suffit, pour la mettre en évidence, d'analyser les gaz qu'on obtient par l'ébullition d'une eau qui a contenu des poissons pendant quelque temps.

4432. Ces expériences seraient suffisantes pour démontrer ce que j'ai posé en principe; on peut cependant pousser l'investigation plus loin, et prouver que, dès l'instant où la vie animale se manifeste, les phènomènes de combustion se présentent : aussi, le développement du poulet est-il accompagné d'une véritable combustion de matières organiques, qui s'effectue aux dépens de l'oxygène de l'air. La structure de l'œuf fera comprendre quels moyens la nature a mis en œuvre pour mettre le germe en rapport avec l'air.

Qu'on examine, en effet, la coupe d'un œuf en incubation. L'albumine occupe toujours la partie inférieure; le jaune, devenu spécifiquement plus léger, se place toujours à la partie supérieure, qu'elle que soit du reste la position de l'œuf; mais, en outre, la cicatricule étant elle-même spécifiquement plus légère que le reste du jaune, s'élève vers la partie supérieure, de telle façon que c'est elle qui vient s'appliquer sur les parois de la coquille, parois parfaitement perméables à l'air.

Ainsi, l'œuf fécondé des oiseaux arrive d'abord à l'air avec des conditions qui se modifient à mesure que le besoin du développement du fœtus l'exige. Le jaune, d'a-

Digitized by Google

bord de même densité que le blanc, devient peu à peu plus léger, en s'emparant de l'eau du blanc par endosmose. La cicatricule, autour de laquelle cette eau se rassemble surtout, devient elle-même le point le plus léger du jaune. C'est ainsi que les vaisseaux de l'aire veineuse, et plus tard ceux de la vésicule ombilicale, s'appliquant sur la coquille, s'y mettent en rapport avec l'air extérieur.

Qu'il y ait, d'ailleurs, formation d'acide carbonique, respiration véritable pendant l'incubation, c'est un fait que j'ai mis hors de doute. Aussi, le poulet ne tarde-t-il pas à périr, si l'on essaye de le couver dans des gaz privés d'oxygène.

4433. Chez les animaux ovo-vivipares, dans lesquels le fœtus est sans communication directe avec la mère ou avec l'air extérieur, l'oxygène est mis en rapport avec lui par un mécanisme à peu près de même nature. Dans la coupe par un plan vertical d'une vipère en état de gestation, on voit que le poumon occupe presque toute la longueur du corps, des deux côtés de la colonne vertébrale. L'oviducte est placé immédiatement au dessous, vers la face abdominale : de telle sorte que, dans l'état de repos de l'animal, les œufs viennent s'appliquer sur les poumons avec les mêmes particularités que nous avons rencontrées dans l'œuf de la poule; c'est à dire, en présentant le germe à l'action de l'air, qui lui arrive alors par l'intermédiaire du poumon au travers de la paroi amincie de l'oviducte.

Ainsi, dans la vipère, les œufs présentent, comme dans l'oiseau, un jaune qui, devenu plus léger, s'applique à la paroi supérieure de l'œuf, qui elle-même est en rapport intime avec le poumon par l'intermédiaire des parois amincies de l'oviducte.

Ces conditions se retrouvent d'ailleurs dans tous les serpents. Les œufs des couleuvres, au moment de la ponte, renferment des fœtus d'un développement déjà très avancé. Bien mieux, on peut transformer beaucoup de serpents ovipares en vivipares par le seul effet de la captivité: Un orvet femelle en état de gestation mis dans une caisse, loin de pondre ses œufs, comme il le fait en liberté, pondra plus tard, et pondra ses petits vivants : je l'ai constaté. Il y a donc, dans les serpents, en général, les conditions convenables au développement de l'œuf, c'est

Digitized by Google

à dire, les conditions nécessaires à la respiration dans le corps de la mère elle-même.

Pour les oiseaux, rien de pareil. Liez l'oviducte d'une poule pour empêcher la ponte, maintenez ainsi l'œuf pendant quelques jours dans l'oviducte, et vous n'observerez pas trace de développement du poulet. C'est qu'il n'y a aucun rapport, en effet, entre l'oviducte et le poumon ou l'air extérieur.

4434. Tous ces faits prouvent, de la manière la plus incontestable, que dans toute l'échelle animale, depuis l'homme jusqu'au germe, les procédés de la vie s'accomplissent par une exhalation d'acide carbonique et d'eau, et par une absorption d'oxygène.

Ce dernier mot demande une explication, parce qu'il peint la manière dont nous devons envisager l'action de l'oxygène sur le sang. Les plantes absorbent de l'acide carbonique par leurs racines ou par leurs feuilles, le décomposent et exhalent l'oxygène ; les animaux absorbent l'oxygène, s'en servent pour brûler leurs aliments, et exhalent l'acide carbonique.

Cette définition pourrait être mal comprise, si on ne la rapprochait des deux théories qui sont admises pour expliquer les procédés de la respiration.

La première est due à Laplace et à Lavoisier. Ils avaient cru, ou du moins ils avaient paru croire, que l'oxygène introduit dans le poumon y brûle directement une partie des éléments du sang, en produisant dans cet organe la chaleur dont l'animal a besoin. Si telle était leur pensée, elle n'était pas juste, et la preuve nous en est donnée par une expérience de Spallanzani, auquel la physiologie doit tant de travaux importants. Cette expérience a été répétée avec beaucoup de soin par M. Edwards.

On place une grenouille dans de l'hydrogène parfaitement pur, en ayant soin de la comprimer sous le mercure, pour expulser tout l'air qui se trouve dans ses poumons. Lorsqu'elle a séjourné dans la cloche pendant quelques heures, on reconnaît qu'elle a expiré une quantité d'acide carbonique, qui correspond à peu près à son propre volume : il est bien évident que cet acide préexistait, qu'il a été déplacé par l'hydrogène, qui n'a pu lui donner naissance.

Digitized by Google

Ainsi, l'acide carbonique est expiré et l'oxygène est absorbé. Est-il nécessaire d'ajouter que le procédé de la combustion s'opère dans le torrent de la circulation, et que nous devons remettre à étudier ce phénomène, avec tous les détails qu'il comporte, au moment où nous nous occuperons de l'étude du sang lui-même?

4435. Voici quelques nombres, qui indiquent ce qu'un animal brûle de carbone en vingt-quatre heures.

S'agit-il d'un homme, la quantité de carbone brûlé varie de 150 à 200 grammes, et de 20 à 30 grammes d'hydrogène. En représentant l'hydrogène par une quantité triple au moins de carbone, il faut ajouter aux 200 grammes de carbone une quantité de 90 grammes, pour représenter l'hydrogène par du carbone. Tout compte fait, on trouve que l'homme consomme par jour une quantité de combustible représentée par 250 à 300 grammes de carbone.

Voici maintenant les résultats auxquels on arrive pour d'autres animaux, en tenant compte, bien entendu, des erreurs possibles dans les déterminations de ce genre.

En vingt-quatre heures, un animal consomme :

	Carbone.	Hydrogène.
Cheval.....	2500 grammes.	27 grammes.
Lapin.....	25 »	2,7 »
Cochon-d'Inde.....	6 »	0,5 »
Pigeon.....	7 »	1,0 »
Chien.....	33 »	5,0 »
Chat.....	17 »	3,7 »
Grand-duc.....	15 »	3,0 »

Un simple coup d'œil jeté sur ces nombres fait voir que la quantité d'hydrogène brûlé par un carnivore, est beaucoup plus considérable que celle qui est brûlée par un herbivore, comme l'a reconnu Dulong : cet excès provient des substances grasses que ceux-ci consomment.

Mais, comment constater par l'expérience la quantité de carbone et d'hydrogène brûlés par un animal? Celui qu'il nous importe le plus d'étudier à cet égard, c'est l'homme. Avant de passer aux moyens d'observation employés, essayons de définir les conditions dans lesquelles il faut le placer.

Si, après avoir inspiré de l'air dans son poumon, un

Digitized by Google

observateur voulait l'expirer sur le mercure, l'analyse de l'air recueilli de la sorte donnerait certainement sa composition; mais celle-ci ne permettrait pas d'en conclure la composition de l'air de la respiration normale. Tout effort modifie nécessairement la composition de l'air sortant des poumons ; il faut, pour avoir des données certaines, prendre l'air qui provient d'une respiration libre, indépendante ; il faut examiner l'air expiré à différentes époques de la journée, mais toujours dans des moments tels, que la respiration ne soit ni entravée, ni accélérée par des causes extérieures : au moyen de ces précautions, on peut arriver à des données exactes.

4436. Voici l'appareil qui m'a servi à ce genre de détermination ; il donne des résultats exacts, quand on s'en sert avec précaution. Il se compose d'un ballon à long col d'une capacité de 500 centimètres cubes environ, exactement gradué sur son col en centimètres ou demi-centimètres cubes ; puis d'un tube de verre qu'on engage jusque dans le ballon, et dont le diamètre est calculé de manière à ce que l'espace annulaire, qu'il laisse dans le col du ballon, soit égal ou à peu près à sa section intérieure.

Quand on veut se servir de l'appareil, il faut inspirer l'air par le nez et l'expirer par la bouche; on acquiert aisément l'habitude de le faire : quand j'ai fait des expériences de ce genre sur moi-même, je parvenais très bien à lire ou à travailler à mon bureau, pendant toute leur durée. Après avoir respiré pendant une demi-heure ou un quart d'heure, on peut être certain que le ballon est complètement rempli de l'air expiré ; alors, en continuant toujours à respirer de la même manière, on enlève, peu à peu, le tube en verre ; on bouche le ballon et on le porte sur le mercure; on mesure exactement le volume du gaz, et on absorbe l'acide carbonique par la potasse caustique. Le ballon étant divisé en centimètres cubes, division qu'on lit très aisément sur son col, et sa capacité étant de 500 centimètres cubes, chaque degré d'absorption correspond à $1/500^{e}$ du volume total ou environ.

En opérant de la sorte, on trouve que l'homme sain expire un air qui contient 3 à 5 pour 100 d'acide carbonique; 3 pour 100 au moins et 5 pour 100 au plus : mais, chez les malades, la proportion descend jusqu'à 1 ou 1 1/2 pour 100 et peut s'élever à 7 ou 8.

Digitized by Google

La quantité normale va nous conduire à poser quelques chiffres.

On peut compter qu'un homme adulte introduit environ un tiers de litre d'air dans ses poumons, à chaque inspiration; il en fait seize à la minute; l'air expiré contient, d'après ce que nous venons de voir, de 3 à 5 pour 100 d'acide carbonique, et il a perdu de 4 à 6 pour 100 d'oxygène : ainsi, dans les circonstances ordinaires de température et de pression dans lesquelles nous nous trouvons à Paris, l'homme fait passer par jour dans ses poumons de 7 à 8 mètres cubes d'air. Il aura brûlé, terme moyen et en réduisant l'hydrogène en carbone, l'équivalent de 250 à 300 grammes de carbone en vingt-quatre heures. En supposant la dépense au maximum, cette combustion exige une dépense réelle de 800 grammes d'oxygène; le poids total d'acide carbonique est donc de 1100 grammes ou 550 litres; pour le produire, il a complètement privé d'oxygène une quantité d'air représentée par 2750 litres.

4437. Quelques mots feront comprendre ce qui arrive, quand au lieu de faire respirer un homme dans les circonstances ordinaires de pression, on modifie ces circonstances.

Si on se transporte sur le sommet d'une montagne élevée, à mesure que la densité de l'air diminue, la respiration s'accélère et le nombre des pulsations du pouls augmente. Dans la cloche du plongeur au contraire, dans laquelle, outre la pression ordinaire, on supporte celle de toute la colonne d'eau qui la recouvre, la respiration est retardée. Dans les appareils de M. Tabarié, où on peut soumettre l'homme à des pressions très fortes, on observe aussi le ralentissement de la respiration.

Dans une circonstance remarquable, qui s'est présentée dans l'un des accidents dont le tunnel sous la Tamise a été l'objet, on a reconnu qu'un homme qui plongeait, après avoir rempli son poumon dans la cloche du plongeur, sous une pression égale à près de deux atmosphères, pouvait rester sous l'eau bien plus longtemps qu'à l'ordinaire : résultat très naturel de la densité de l'air inspiré dans de telles circonstances.

La quantité d'oxygène inspirée demeure donc à peu près constante dans l'état normal; on diminue ou on augmente le nombre des inspirations pour compenser l'excès ou le défaut de densité de l'air. Si un homme ins-

Digitized by Google

pire trop vite de l'air trop dense, la température s'élève bientôt; s'il respire trop lentement un air trop rare, la température s'abaisse.

Quand un animal à sang chaud passe à l'état d'hybernation, sa respiration devient rare et sans ampleur. Il est facile de vérifier que, dans cet état, la marmotte, le hérisson, brûlent bien moins de carbone que dans leur période d'activité.

Quand au contraire les animaux à sang froid deviennent capables de produire de la chaleur, comme le python femelle, à l'époque où elle couve, on voit leur respiration s'accélérer, et leur dépense en aliments s'accroître.

Tout ce que les physiologistes ont constaté, tout ce que les chimistes savent relativement à la respiration, se traduit donc en définitive en une seule pensée : combustion lente des matériaux du sang par l'oxygène de l'air ambiant.

4438. Les faits que nous venons de citer, les nombres que nous avons donnés sur la respiration normale, conduisent à conclure que l'homme consomme deux sortes de produits : comme combustible, du carbone et de l'hydrogène ; comme comburant, l'oxygène qui brûle ces matières. Mais ces corps doivent être présentés les uns aux autres dans un certain état, si on veut satisfaire aux exigences de la vie.

Ainsi, il paraît démontré qu'au moment de l'expiration, l'économie sent instinctivement le besoin de se débarrasser d'un air trop chargé d'acide carbonique et qui agirait par cela même comme poison principalement sur les animaux à sang chaud.

Cette considération conduit à rechercher quelles sont les quantités d'air dont un homme a besoin pour vivre pendant un temps donné. On peut admettre que l'homme fait passer 7 à 8 mètres cubes d'air par jour dans ses poumons ; dans un air raréfié ou condensé, la respiration, accélérée ou ralentie, s'arrange de manière à fournir au poumon, dans un temps donné, une quantité d'oxygène toujours égale à celle que ces 8 mètres cubes représentent; mais on commettrait une erreur grave, si on pensait qu'un homme, réduit à ne recevoir par jour que 8 mètres cubes d'air, continuerait à vivre sans souffrance.

Supposons, en effet, qu'un certain nombre d'hommes étant réunis dans une salle exactement fermée, chacun d'eux ait 8 mètres cubes d'air à sa disposition : au lieu d'y respirer

Digitized by Google

à l'aise pendant vingt-quatre heures, on verrait, après un temps très court, des symptômes d'asphyxie se déclarer sur nombre d'entre eux, et certes au bout d'un jour, il en est peu qui sortiraient vivants de cette épreuve, puisque tout l'air de l'enceinte renfermerait alors la dose d'acide carbonique contenu dans l'air même que notre poumon rejette à chaque instant comme nuisible.

De là, le besoin de ventiler. Des expériences nombreuses prouvent que, si on cherche par le tâtonnement à préciser le volume d'air qu'il convient de fournir à des hommes réunis, en augmentant ou diminuant la ventilation, selon l'impression éprouvée, on trouve qu'un homme a besoin de 6 à 10 mètres cubes d'air frais par heure.

M Péclet, qui s'est beaucoup occupé dans ces derniers temps de la ventilation des salles d'assemblée, des écoles, etc., est arrivé, après quelques tâtonnements, à adopter ces nombres, comme pouvant servir de base à un système de ventilation efficace. A ce taux, la température ne s'élève pas d'une manière incommode; et les émanations animales, dont on ne saurait contester l'existence dans l'air non renouvelé, n'exercent pas d'influence appréciable sur l'odorat.

Cette quantité d'air est énorme; elle est vingt ou trente fois supérieure à celle qu'un homme vicie complètement dans une journée.

En conséquence, on se trouve amené à conclure qu'indépendamment de l'acide carbonique, dont l'effet nuisible ne peut être contesté, il y a dans les grandes réunions, et en général dans les lieux habités, d'autres causes : telles que l'accumulation de la vapeur aqueuse, l'élévation de la température, la production des émanations animales, qui rendent indispensable un prompt renouvellement de l'air.

4439. La recherche de l'acide carbonique, dans l'air des lieux habités, n'en demeure pas moins le premier et jusqu'ici le seul moyen de mesurer l'étendue des altérations que l'air a subies, et d'apprécier l'efficacité des méthodes par lesquelles on cherche à y porter remède.

Voici les résultats obtenus par M. Leblanc dans une série de recherches relatives à la composition de l'air, dans ces diverses circonstances. Dans quelques salles d'hôpitaux de Paris, il a trouvé au bout d'une nuit de clôture,

Digitized by Google

l'air des dortoirs chargé d'une quantité d'acide carbonique s'élevant jusqu'à 1 p. 0/0. A coup sûr, une pareille proportion d'acide carbonique annonce dans l'air une altération qui ne permet pas de le considérer comme salubre, même pour un temps peu prolongé. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que l'air expiré des poumons renferme 3 à 4 p. 0/0 d'acide carbonique, et qu'à cette dose, il paraît réellement exercer une action nuisible sur nos organes, puisque la nécessité de l'expulser se fait sentir impérieusement.

L'expérience a prouvé que l'effet de la ventilation naturelle par les jointures des portes et des fenêtres, dans un lieu clos et qui ne renferme pas de foyers de nature à déterminer un appel actif, est moins marqué qu'on n'est généralement porté à le croire; il est, dans le plus grand nombre des cas, tout à fait insuffisant pour neutraliser les effets nuisibles de la respiration dans les lieux habités qui ont une capacité restreinte.

Il est facile de voir, d'après cela, combien la construction de la plupart de nos amphithéâtres laisse à désirer. A l'exception des théâtres, dans lesquels la ventilation s'est établie d'abord par hazard par l'ouverture placée au dessus du lustre, et pratiquée pour se débarrasser de l'odeur des lampes, on peut dire que les salles de réunion sont mal disposées. Les architectes sont d'autant plus blâmables à cet égard, qu'on connaît aujourd'hui les règles qui doivent guider dans les applications de la ventilation.

Il ne suffit pas de rendre à l'homme l'oxygène qu'il consomme, mais il faut le lui offrir convenablement délayé dans de l'air pur.

Partant des nombres qui précèdent, il devient facile de calculer la ventilation qui est nécessaire pour des écoles, des casernes, des hôpitaux, etc.

Prenons pour terme de comparaison une chambre à coucher, et rappelons-nous qu'un homme a besoin de 6 à 7 mètres cubes d'air par heure au moins. En admettant qu'il passe neuf heures dans sa chambre à coucher, il lui faudra un espace de 63 mètres cubes, ou une chambre représentant un cube de 4 mètres de côté ou de 12 pieds environ; et certainement ces conditions sont loin d'être remplies, pour la plupart des individus.

4440. Jusqu'à présent, nous avons regardé l'acide car-

Digitized by Google

bonique comme le moyen de donner la mesure des effets nuisibles qu'un air vicié fait éprouver à la respiration. En effet, sa proportion nous indique pour quelle portion l'air déjà respiré intervient dans le mélange qu'on examine. Cependant, il est bien clair que l'acide carbonique n'est pas le seul produit nuisible qui se rencontre dans l'air vicié. Il faut tenir compte de la présence incontestable de l'hydrogène sulfuré, et des matières animales puantes que l'air des lieux habités renferme toujours. Il y a tel lieu de réunion publique, où le conducteur de cuivre d'un paratonnerre, placé près des tuyaux de dégagement de l'air vicié par la respiration, se trouve transformé, au bout de quelques mois, en sulfure de cuivre. J'ai vu, dans une fête, des pompiers jeunes et robustes, placés dans une galerie, à la partie supérieure d'une immense salle de bal, être tellement incommodés par l'air vicié qui leur parvenait, qu'ils ne pouvaient guère y rester que dix ou quinze minutes.

Si nous ajoutons à ces faits, la conversion plus ou moins rapide du carbonate de plomb des peintures de nos appartements en sulfure de plomb par l'hydrogène sulfuré de l'air; l'odeur nauséabonde qui nous frappe quand nous pénétrons le matin dans le dortoir d'une caserne ou d'un hôpital mal aéré, quand nous entrons le soir dans ces ateliers où l'industrie accumule souvent un trop grand nombre d'ouvriers, il ne reste aucun doute sur la présence de ces matières nuisibles, ainsi que sur la nécessité de s'en débarrasser promptement.

4441. Les besoins de la ventilation sont donc incontestables. Il faut l'effectuer, soit par des cheminées, soit par des poêles bien disposés pour les petits appartements, soit enfin par des appareils particuliers pour les lieux consacrés aux grandes réunions, c'est à dire, les écoles, les casernes, les hôpitaux et les amphithéâtres.

Grâce à l'heureuse tendance de l'administration publique, nous verrons, sans nul doute, s'améliorer bientôt, sous ce rapport, la ventilation de tous les lieux de réunion, celle des ateliers, et surtout celle de tous les lieux qui recueillent la population ouvrière flottante des grandes villes.

Du pain et de la viande, en quantité suffisante, de l'air pur, de l'eau pure : tels sont les aliments qui, en maintenant la santé de l'individu, améliorent la race humaine,

Digitized by Google

et où elle puise, par conséquent, ces conditions de bonheur qui résultent d'un équilibre convenable entre les forces physiques et les forces morales elles-mêmes.

Toute dégradation physique est bientôt accompagnée d'une dégradation morale profonde; et je ne connais rien, à cet égard, qui puisse être comparé aux effets résultants d'une habitude de vie dans des lieux mal aérés et privés de lumière. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la population ouvrière de Birmingham, de Manchester, de Lyon ou de Lille, pour être convaincu de l'importance qu'une administration vraiment politique doit mettre à soustraire la race humaine à des conditions physiques qui portent avec elles le germe de tous les désordres comme celui des affections héréditaires les plus incurables.

L'existence des phénomènes de combustion qui ont lieu dans les êtres organisés étant reconnue, les produits généraux de cette combustion étant constatés, voyons maintenant un peu plus en détail ce qui se passe dans l'homme et dans les animaux analogues, relativement au renouvellement du combustible qui se trouve sans cesse consommé par leur respiration.

4442. Il y a bientôt dix-sept ans que, dans un cours fait à l'Athénée, je m'exprimais de la manière suivante: « Un « homme à l'état de santé dépense l'équivalent de 8 onces « de carbone par jour; cette quantité correspond à 20 on- « ces d'aliments quelconques. Il dépense une demi-once « d'azote par jour, ou 3 onces d'aliments azotés; l'écono- « mie se débarrasse du carbone et de l'hydrogène par les « poumons; de l'azote par les urines.

« Il est évident que ces matières proviennent de son « sang, quels que soient le mode et la cause première de « ces transformations.

« Il ne l'est pas moins, que le sang est nécessaire à l'en- « tretien de la vie; que c'est sur lui que porte la perte « principale; que c'est lui qu'il s'agit de renouveler. »

Ces bases une fois posées de la sorte, les idées que je professais sur la digestion, et qui sont celles que j'admets encore aujourd'hui, s'en déduisaient tout naturellement.

Il est clair que, si un homme perd 8 onces de carbone et une demi-once d'azote pris dans les aliments, il est impossible ou au moins difficile d'admettre que cette énorme quantité de matière détruite ait été véritablement assimi-

Digitized by Google

lée ; il est difficile de croire que ce travail immense et inutile dans l'organisme se soit effectué ; car il faut bien entendre par assimilation une fonction qui ferait entrer dans les organes de l'individu les principes qui les constituent. Dans l'hypothèse que nous exposons, ces principes n'y feraient qu'un séjour momentané, les procédés de la vie venant les reprendre ensuite pour les détruire.

Il paraît donc plus probable que les matières détruites chaque jour pour l'entretien de la vie, ne font, en grande partie du moins, que passer dans le sang, à l'état pour ainsi dire inorganique.

Dans les procédés de la respiration, une grande partie de ces matières, c'est à dire, de celles que le sang charrie, agit comme combustible à l'égard de l'oxygène puisé dans les poumons ; et le travail de l'assimilation proprement dite ne se passe, très probablement, que sur une petite quantité des aliments ingérés.

Il y a donc deux manières d'envisager la digestion : la première est celle dont je viens de donner un aperçu ; la deuxième, adoptée par les physiologistes les plus illustres, consiste à dire que tous les matériaux qui passent dans le sang, sont assimilés par l'organisme, pour être détruits ensuite, peu à peu.

Je ne puis accepter cette dernière opinion.

4443. Nous aurons occasion de revenir en détail sur ces questions, en parlant des sources de la chaleur animale et de la théorie de la digestion. J'ai voulu, pour le moment, en donner le sommaire. Ainsi, je crois que l'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque, expulsés par l'homme, proviennent, en grande partie, de la combustion des produits rendus solubles par la digestion, et versés dans le sang, et non de la dissociation de la matière même de nos organes. La digestion a donc deux formes essentielles : l'une a pour objet la réparation des matériaux du sang, consommés par la combustion, qui vient exhaler ses produits dans la respiration pulmonaire ou cutanée ; l'autre, au contraire, se rapporte à la restitution des parties de l'organisme que l'exercice de la vie a détruites. Dans mon opinion, la restauration du sang est, de ces deux fins de la digestion, celle qui consomme la plus forte proportion de produits tirés de nos aliments. J'en donnerai facilement la preuve.

En effet, dans les aliments de l'homme, par exemple,

Digitized by Google

c'est l'amidon, le sucre, qui prédominent : or, ce sont là des aliments absolument impropres à l'assimilation. Convertis en produits solubles dans le sang et oxydables, ils sont entièrement consommés par la respiration proprement dite. Ainsi, dans les aliments de l'homme, l'assimilation porterait tout au plus sur les matières azotées neutres et sur les matières grasses ; et nous allons voir qu'une portion considérable de ces produits lui échappe, et qu'elle se brûle directement dans le sang.

Pour s'en convaincre, il suffit d'approfondir ces faits. Or, nous verrons plus tard que le sang où s'opèrent manifestement ces phénomènes de combustion, qui caractérisent si hautement le règne animal, est un liquide très compliqué. Nous y remarquerons entre autres substances :

La fibrine,
L'albumine,
Le caséum,
La gélatine,
Des matières grasses,
Des sels à acide organique,
Des matières colorantes.

Nous retrouvons, dans les solides de l'économie, toutes ces matières, et de cela seul nous pourrons tirer une conclusion. Supposons, en effet, que le sang perde toute sa fibrine : si l'animal n'en meurt pas, son sang devra en reformer promptement, et il pourra, en conséquence, en emprunter une partie à la fibrine toute faite que ses organes renferment. Le sang se dépouille-t-il d'albumine, il devient propre à en dissoudre qu'il emprunte à toutes les parties de l'économie.

Il en serait de même des matières grasses, des matières colorantes. En général, le sang doit être considéré, relativement aux matériaux solides de l'économie, comme une dissolution saturée de ces mêmes matériaux. Dès qu'il en perd une portion, il la remplace en puisant pour cela dans le réservoir que lui offre l'économie tout entière : de telle façon que, si le sang se brûle sans être réparé par la digestion, il en résulte que l'économie tout entière est appauvrie, puisque c'est en elle que le sang trouve les matériaux à l'aide desquels sa réparation s'effectue. Les solides de nos organes se brûlent donc, non pas di-

Digitized by Google

rectement, mais par l'intermédiaire du sang où ils se dissolvent.

Dès lors, tout prouve que la fibrine, l'albumine, le caséum, le gluten, la gélatine, fournis au sang par la digestion, se brûlent, en grande partie, directement; qu'il en est de même des matières grasses que nos aliments lui fournissent. L'excès seul de ces substances profite à l'assimilation. Quant aux matières végétales neutres, elles se brûlent tout entières, et l'excès, s'il y en a, s'échappe par les urines.

4444. Mes opinions n'ont pas changé au sujet de la digestion. Évalués en mesures décimales, la ration du cavalier français se compose, comme on l'a vu déjà, de :

			Matière azot. sèche.	Matière non azotée sèche.
Viande fraîche.....	125gr.	.....	70gr.	...gr.
Pain de munition	750	1066gr....	64	596
Id. blanc de soupe...	516			
Légumineux	200	.....	20	150
Carottes, choux, navets, etc.....	125	(pour mémoire.)		
			154	746

154 gr. de matières azotées sèches correspondent à 22 gr., 5 d'azote, et 746 gr. de matières non azotées correspondent à 328 gr. de carbone. Il faut remarquer qu'on n'a rien compté pour les carottes, les navets, etc.; ces matières contiennent beaucoup d'eau, servent d'assaisonnement, et sont plutôt des moyens de tromper la faim que de la satisfaire.

Sans entrer dans de longs développements, il me suffit de dire que quatre parties de viande fraîche contiennent trois parties d'eau. On a déterminé la quantité d'eau et de gluten du pain. Pour les légumineux, on a fait les mêmes déterminations. Ajoutons que la viande, le gluten du pain, le caséum des légumineux, contiennent environ 15 pour 100 d'azote, et que les matières amylacées contiennent environ 44 pour 100 de carbone.

On voit, en tenant compte de ces notions, que le cavalier mange bien au delà des 300 gr. de carbone qu'il expire, et que sa nourriture journalière contient de plus 22 gr. environ d'azote.

Digitized by Google

4443. Voyons, maintenant, ce que devient cet azote.

Il y a longtemps qu'on l'a dit, il disparaît par les urines : telle était l'opinion professée par Fourcroy. Il est même à regretter que les premiers essais de chimie physiologique de ce célèbre professeur aient été perdus de vue pendant quelque temps, car ils méritaient plus d'attention qu'on ne leur en a accordé.

Fourcroy avait envisagé, en médecin et en naturaliste, les études de chimie organique. Il avait essayé de passer en revue tous les phénomènes de l'organisation; et, dans cette ardeur de curiosité générale qui le caractérisait, peut-être n'avait-il pas assez fait ressortir les grands principes de la science, donnant trop de valeur aux détails, et, par les erreurs inévitables que ces détails entraînent, s'exposant à laisser dans les esprits des doutes sur la solution des questions fondamentales. Mais, dans le cas actuel, il avait bien vu : c'est par l'urine que s'élimine l'azote.

Passons donc à l'étude des circonstances de cette élimination. L'homme sain rend, par jour, 15 à 16 gram. d'azote par les urines, c'est à dire, la plus grande partie de l'azote qui est absorbé par les aliments en vingt-quatre heures. Cet azote est rendu à l'état d'urée, la seule matière azotée importante de l'urine humaine, contenue en forte proportion dans l'urine qu'on trouve dans les reins, et à plus forte raison dans celle que renferme la vessie.

La première question qui se présente, est celle de savoir où elle a été fabriquée. Le rein la sépare ; mais est-ce dans le rein qu'elle se forme ?

Revenons, pour en juger, sur des faits que j'ai déjà mis en évidence, afin de mieux faire comprendre combien le plan de la nature est régulier et uniforme dans tous les phénomènes que la vie nous offre.

Nous avons vu que l'acide carbonique est absorbé par les pores corticaux de la plante, mais ce n'est pas là que se passent les phénomènes de réduction ; nous avons vu le poumon absorber l'oxygène et exhaler l'acide carbonique, mais ce n'est pas dans son intérieur que se passent les phénomènes d'oxydation : l'expérience faite par M. Edwards sur la grenouille qui, placée dans l'hydrogène parfaitement pur, exhale un volume d'acide carbonique qui dépasse le sien, nous l'a prouvé de la manière la plus complète. Ainsi, l'animal se sature d'oxygène, se sature

Digitized by Google

d'acide carbonique : il absorbe le premier et rejette le second, dont la production n'a pas lieu dans le poumon seul, mais bien dans la masse du sang lui-même.

Eh bien ! les mêmes règles, les mêmes idées, président à la formation de l'urée : de même que les poumons sont le siège d'un simple travail d'échange entre l'acide carbonique exhalé et l'oxygène absorbé ; de même le rein est le siège de la séparation de l'urée.

Comment concevoir, en effet, que cet organe soit chargé de fabriquer l'urée ? comment concevoir que 100 grammes de matière azotée, supposée sèche, y arrivent chaque jour pour s'y détruire et s'y détruisent ?

Mais supposez un instant que la production de l'urée se fasse dans la masse du sang, alors la fonction du rein devient facile à comprendre : il est à l'urée, ce que le poumon lui-même est à l'acide carbonique : un émonctoire, un organe d'élimination.

Prenez le sang d'un animal sain, examinez-le, et vous serez sans doute très surpris de voir, après ce que je viens de dire, qu'il ne renferme pas une trace de cette substance ; au moins tous les chimistes qui ont examiné le sang d'un animal sain, dans ce but, n'en ont-ils pas découvert.

On se croirait certainement autorisé, d'après cela, à tirer une conclusion contraire à l'opinion précédente ; mais une expérience bien simple, que j'ai faite avec mon ami le docteur Prévost de Genève, va résoudre cette difficulté. Nous enlevions d'abord un rein à un chien, par exemple ; quand l'animal était guéri, on enlevait le second. Avec un rein, l'animal vivait ; mais après qu'on les lui avait enlevés tous les deux, il présentait des symptômes morbides intenses, et périssait ordinairement après trois jours. Quelques uns de ces chiens néphrotomisés résistaient pendant huit jours, mais ces cas étaient rares. En saisissant l'instant convenable pour les saigner, et cherchant l'urée dans leur sang, on en trouve une quantité notable.

Ces expériences ont été répétées par Ségalas et Vauquelin, par Mitscherlich et Tiedemann, par Marchand, avec le même résultat.

On voit qu'il est impossible de ne pas conclure que l'urée se forme indépendamment des reins, comme l'acide car-

Digitized by Google

bonique et l'eau se formeraient indépendamment des poumons. On est donc amené à conclure que toute l'urée rejetée par l'homme se forme dans la masse du sang, par le procédé de la respiration, c'est à dire, par cette combustion lente qui s'y opère, et dont les produits sont l'acide carbonique, l'eau, l'urée, la matière de la bile, que nous retrouverons plus tard dans les produits nécessaires à la digestion, et quelques autres substances qui vont se loger dans différents organes spéciaux, dont je ne veux pas m'occuper ici.

C'est donc dans le sang que nous plaçons les phénomènes les plus intéressants de la chimie vivante.

4446. Avant de pousser plus loin cet examen des effets de la combustion lente des matériaux du sang, je vais donner la preuve qu'en partant des principes posés précédemment, et s'appuyant sur quelques unes des règles de la chimie organique, on peut entrer fort avant dans le domaine de la physiologie.

On verra bientôt, en effet, quel parti nous tirerons des deux théorèmes suivants :

1° Dans toute matière oxygénée, la volatilité diminue à mesure que le nombre de molécules d'oxygène augmente.

2° Dans toute matière organique, si on remplace une molécule d'hydrogène ou de carbone par une molécule d'oxygène, la matière tend à passer dans une classe de produits moins complexes.

Ainsi, dans le tableau que j'écris ici, les substances passeront de la division 1 à 4, dans le travail qui s'opère au sein des végétaux verts.

N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Acide carbonique. Eau. Ammoniaque.	Acide lactique. Alcool. Ether.	Sucre. Acide citrique. Gommes.	Fibrine. Ligneux.

Dans les animaux, et en général dans le dédoublement qui s'opère par l'emploi des forces chimiques, le ligneux se transforme, au contraire, successivement en sucre, et acide lactique, enfin en eau et acide carbonique. L'oxydation est un cas particulier de ce dédoublement produit par l'emploi des forces chimiques.

Digitized by Google

Oxydez une molécule d'acide acétique, elle en produira deux d'acide formique; continuez l'oxydation, vous en obtiendrez quatre d'acide carbonique.

Oxydez une molécule de sucre, elle en produira douze d'acide oxalique; continuez l'oxydation, vous en aurez vingt-quatre d'acide carbonique. Oxydez une molécule de camphre, elle en produira deux d'acide camphorique, etc.

On voit qu'en général l'oxydation des matières organiques les ramène vers l'état minéral, et qu'il doit en être ainsi dans la vie animale, puisque le phénomène chimique qui caractérise la vie animale est un phénomène d'oxydation.

Si on cherche à répondre maintenant à cette question : Y a-t-il ou n'y a-t-il pas assimilation d'azote de l'air pendant la respiration de l'animal? personne n'hésiterait à répondre par la négative.

L'animal brûle les matières qu'il digère, qu'il reçoit; il n'en crée pas. Comment donc s'assimilerait-il un produit minéral dont il ne saurait tirer aucun parti.

Mais, dira-t-on, s'il n'y a pas d'assimilation d'azote, ne se peut-il pas que la respiration brûle une certaine quantité de matières azotées, de manière à mettre leur azote en liberté, et à produire une exhalation d'azote?

Si l'on consulte les résultats de l'expérience acquise jusqu'à ce jour, ils paraissent favorables à cette dernière supposition, mais en même temps ils donnent la preuve de la difficulté qu'on rencontre à décider ce point. En effet, trois cas se présentent: parfois, la quantité d'azote trouvée dans l'air qui a servi à la respiration, ne change pas; parfois elle diminue, c'est le cas le plus rare: le plus souvent, on trouve qu'elle a augmenté. Enfin, on a des expériences qui donnent pour les mêmes individus, tantôt une augmentation d'azote, et tantôt une perte selon la saison dans laquelle on opère. Si j'ajoute maintenant les noms des expérimentateurs, l'indécision augmentera encore: car les résultats de Lavoisier, Davy, de Humboldt, Berzélius, Berthollet, Spallanzani, Edwards, ne s'accordent pas sur ce point. Dans ces derniers temps, MM. Dulong et Despretz ont trouvé une exhalation dans presque toutes leurs expériences. M. Boussingault est arrivé à la même conclusion, mais par des moyens indirects.

La forme la plus convenable sous laquelle ces expérien-

Digitized by Google

ces puissent être exécutées, celle qui permet le mieux de conclure avec certitude, est due à M. Dulong.

Son appareil se compose de deux gazomètres qui communiquent entre eux par des tuyaux, et d'une boîte de cuivre rouge, où l'on peut enfermer un animal en le séparant complètement de l'atmosphère extérieure. Supposez un des gazomètres rempli d'air, et le deuxième rempli d'eau : vous pouvez déplacer l'air du premier, en le remplissant avec de l'eau, et faire rendre cet air dans le deuxième gazomètre ; mais, dans ce trajet, il est obligé de passer à travers la boîte, dans laquelle il sert à la respiration de l'animal qu'on y a renfermé.

D'une part, donc, on emploie de l'air ordinaire ; d'autre part, on recueille de l'air qui a servi à la respiration. L'air est exactement mesuré avant et après l'expérience ; on peut apprécier immédiatement les changements de volume qu'il a subis, et l'analyse donne les proportions de chacun des principes qui s'y trouvent, et fait connaître leurs modifications.

Mais voici quelques causes d'erreur qui peuvent influer sur les résultats de l'expérience faite de cette manière :

1° La difficulté de l'analyse des mélanges gazeux, quand elle est exécutée par la méthode des mesures, où il faut tenir compte de la pression, de la tension de la vapeur d'eau et de la température ;

2° La nécessité de conclure l'azote par différence : d'où il suit, qu'il est affecté de toutes les erreurs inévitablement commises dans la mesure des autres gaz.

3° L'impossibilité de tirer une conclusion certaine par la comparaison entre le volume du gaz ingéré et celui du gaz expiré. On part, en effet, du raisonnement suivant : l'animal a reçu tant de mesures d'air d'une composition connue, il en a rendu tant d'une autre composition connue, donc les deux analyses indiquent le changement dû à la respiration. Mais, dans la respiration, l'animal se sature d'oxygène et il exhale de l'acide carbonique. L'acide carbonique exhalé ne provient donc pas immédiatement de l'oxygène qui est absorbé. Il n'y a pas proportionalité dans les échanges de gaz pendant la respiration, et encore moins est-il permis de supposer que l'oxygène dissous soit identique avec celui

Digitized by Google

qui fait partie de l'acide carbonique dégagé. Cette identité admise a pu induire en erreur.

En particulier, si on fait l'analyse de l'air expiré dans la respiration de l'homme, il est impossible de décider si l'excès d'azote qu'on observe provient d'une exhalation réelle, ou bien s'il est dû à la disparition de l'oxygène qui correspond à l'hydrogène brûlé.

En résumé, je crois qu'on peut dire avec raison que l'économie élimine l'azote pris dans les aliments par quatre voies différentes :

1° Par les mucus divers ;

2° Par la bile et les excréments ;

3° Par les poumons et la peau ;

4° Par l'émonctoire principal de l'azote qui se trouve placé dans le rein.

Les trois premières voies n'en rejettent qu'une quantité assez faible.

4447. Examinons maintenant sous quelle forme l'azote est surtout éliminé. Nous l'avons déjà dit, c'est sous la forme d'urée. Cette substance existe dans l'urine du rein, dans l'urine de la vessie et dans l'urine fraîche ; mais dans l'urine pourrie, on n'en trouve plus ; elle a disparu, et à sa place nous trouvons du carbonate d'ammoniaque.

En effet, si à l'urine putréfiée on ajoute un acide, on voit s'effectuer tout à coup un dégagement considérable d'un gaz qui n'est autre que l'acide carbonique ; si l'on ajoute un alcali, de la potasse, de la chaux, par exemple, le papier de tournesol rougi, passe au bleu. Une baguette mouillée d'acide chlorhydrique, exposée aux vapeurs qui s'échappent du verre, occasionne des vapeurs intenses dues à la formation du sel ammoniac.

Ainsi, pour en arriver de l'urée qu'on trouve dans la vessie, au carbonate d'ammoniaque, il s'est passé quelque phénomène digne de toute notre attention.

Si l'on abandonne l'urine à elle-même pendant peu de temps, elle devient le siège d'une seconde vie, d'une fermentation, qui est le résultat de la vie de certains êtres qui peuvent exister dans un milieu pareil. C'est donc par une suite plus prolongée des phénomènes de la vie que la transformation s'effectue. Prolonger la vie, c'est, nous l'avons répété souvent, ramener les matériaux dont elle fait

Digitized by Google

usage, aux derniers termes de son action, eau, acide carbonique, ammoniaque.

Il y a donc un acte de la vie générale qui se passe hors du corps de l'animal. La vie a un temps d'arrêt, motivé sur ce que nos organes n'auraient pu résister à une sécrétion de carbonate d'ammoniaque. La nature a dû chercher les moyens de le fabriquer en dehors des animaux.

Comment l'urée passe-t-elle donc à l'état de carbonate d'ammoniaque? Rien de plus simple.

En effet, le carbonate d'ammoniaque se représente par :

$$C\ O^2,\ Az^2\ H^3,\ H\ O$$

Si on double cette formule, on a

$$C^2\ O^4,\ Az^4\ H^6,\ H^2\ O^2$$

L'urée se représente par

$$C^2\ O^2\ Az^4\ H^4$$

En comparant ces deux formules, on voit qu'en ajoutant 4 molécules d'hydrogène et 4 molécules d'oxygène, en d'autres termes, 4 molécules d'eau à celle de l'urée, on a

1 molécule d'urée = $C^2\ O^2\ Az^4\ H^4$
4 molécules d'eau = $O^4\ \ \ H^4$

La somme = $C^2\ O^6\ Az^4\ H^8$

ou 2 molécules de carbonate d'ammoniaque.

Il faut bien ajouter de suite, qu'on peut envisager l'urée, et sa transformation en carbonate d'ammoniaque, d'une autre manière. J'appellerai l'attention sur ce nouveau point de vue; car nous y rattacherons quelques idées fort importantes sur la formation de l'urée dans l'économie.

L'urée, en effet, peut être écrite sous une autre forme que celle sous laquelle je viens de la présenter. On a alors

$$C^2\ O^2\ Az^4\ H^4 = C^2\ Az^2\ O,\ Az^2\ H^4\ O.$$

Cette dernière formule, dans laquelle on retrouve tous les éléments de l'urée, est précisément celle du cyanate d'ammoniaque.

Cette identité a été découverte par M. Wœhler, et le

Digitized by Google

cyanate d'ammoniaque chauffé possède, en effet, la propriété de se changer en urée.

Rien n'empêche que, dans la combustion lente des matières azotées du sang, la formation de l'urée n'ait été précédée de celle du cyanate d'ammoniaque. On n'a pas cherché jusqu'ici la présence de ce corps dans les analyses du sang, et, certainement, il faudra le faire avec tous les soins possibles.

Mais, en admettant cette identité de l'urée et du cyanate d'ammoniaque, nous sommes conduits à faire un pas de plus dans la discussion qui nous occupe. En effet, les deux corps qui constituent ce sel, sont de véritables produits d'oxydation.

L'acide cyanique est l'oxyde d'un corps C^2 Az^2, le cyanogène; l'ammoniaque, dans les sels qu'elle forme, représente, étant unie aux éléments de l'eau, l'oxyde d'un corps Az^2 H^4 ou l'ammonium.

Ainsi, l'urée rentre dans le principe général auquel nous avons rattaché constamment les fonctions de la vie animale. Elle dérive manifestement de l'oxydation des matériaux azotés du sang et de leur tendance à se convertir en acide cyanique, et oxyde d'ammonium, produits d'un ordre tel, que pour les dépasser, il eût fallu brûler leurs éléments, et donner naissance à de l'acide azotique, par la combustion de l'azote lui-même. Or, il en serait résulté une grande consommation d'oxygène, pour une production de chaleur très faible ou même nulle. L'opération était donc inutile. La nature l'a évitée. La combustion des matières azotées s'arrête, quand elles sont converties en cyanate d'ammoniaque, qui est transformé lui-même tout à coup en urée, par un changement isomérique, au fur et à mesure de sa production.

A la vérité, le cyanogène et l'ammoniaque pourraient être brûlés d'une autre manière: l'un en produisant de l'acide carbonique, l'autre en donnant naissance à de l'eau, et tous les deux en laissant dégager leur azote, circonstance qui expliquerait l'exhalation d'azote que M. Dulong, M. Despretz et M. Boussingault croient avoir constatée.

L'examen que nous venons de faire nous prouve donc que la production de l'urée dans le corps d'un animal a lieu en vertu du même principe auquel se rattache la formation de l'acide carbonique et celle de l'eau.

Digitized by Google

En un mot, l'animal produit toujours des corps oxydés : un oxyde d'hydrogène, un oxyde de carbone, un oxyde de cyanogène, un oxyde d'ammonium.

C'est dans ces corps que se résolvent tous les produits qui ont passé dans le sang et qui ont pris part au mouvement de la vie. Le poumon élimine, avec le concours de la peau, l'oxyde du carbone, c'est à dire, l'acide carbonique. L'oxyde d'hydrogène, ou l'eau, partage le sort de l'eau de nos boissons. L'oxyde d'ammonium, qui aurait pu nuire à nos organes, est converti par l'oxyde de cyanogène en un produit soluble, dont les reins débarrassent l'économie : telle est la cause finale de la production de l'urée, tel est son rôle dans les phénomènes de la vie.

CHAPITRE IV.

SANG.

4448. Nous avons fait l'histoire de deux des matériaux du sang dans le septième volume de ce traité ; mais, si les propriétés chimiques du sang sont liées d'une façon intime à l'histoire de ces composés, elle ne suffit nullement à nous donner une idée de la nature de ce liquide lui-même : aussi, pour nous en rendre un compte exact, allons-nous l'étudier, pour lui-même, principalement dans l'homme et dans les animaux supérieurs.

Le sang a, de tout temps, attiré l'attention des philosophes et des physiologistes ; mais, l'époque à laquelle on a commencé à l'examiner au point de vue chimique, n'est pas encore très éloignée de nous.

Boyle fut un des premiers qui s'en occupa vers la fin du XVII^e^ siècle. Il prouva que le sang desséché brûle avec flamme ; que le sang liquide est coagulé par l'alcool, par les acides nitrique, sulfurique, chlorhydrique, par le sublimé corrosif, tandis que l'ammoniaque le rend plus liquide. Il détermina sa pesanteur spécifique ; il le soumit à la distillation, en obtint du carbonate d'ammoniaque, des huiles empyreumatiques, et remarqua la couleur rouge des cendres laissées par son incinération complète.

Digitized by Google

Il essaya de déterminer les proportions relatives du sérum et du caillot.

Vers la même époque, Leeuwenhoek donna une description des globules du sang ; Menghini les décrivit aussi ; mais, fit un pas de plus en prouvant l'existence du fer dans le sang, et surtout dans les globules rouges.

Le docteur Jurin publia, au commencement du XVIII^e^ siècle, des expériences sur le sang, et détermina, d'une façon plus rigoureuse, les densités du sérum, du caillot et du sang : il trouva qu'elle est égale à 1,0295 pour le sérum, et à 1,0533 pour le sang en masse.

Senac, en 1760, attira principalement l'attention sur la forme lenticulaire des globules du sang, et sur le point central obscur qu'ils présentent.

Hewson fit des observations importantes sur le sang : il remarqua que divers sels empêchent ou retardent la coagulation du sang ; il reconnut la forme aplatie des globules frais, et la propriété qu'ils ont de prendre une forme arrondie, quand on les délaye dans l'eau ; il constata l'aspect muriforme que leur donne la putréfaction, et la propriété qu'ils possèdent de s'empiler comme des pièces de monnaie.

Vers le milieu du XVIII^e^ siècle, parurent encore beaucoup de travaux sur le sang, mais particulièrement sous le point de vue anatomique, de Muys, Mayer, Swammerdam, Eller, Butt, Weiss, della Torre, Magni, Schmidt.

En 1776, Rouelle publia des expériences sur le sang et la liqueur des hydropiques, et démontra que leur alcalinité est due principalement à de la soude.

Dans la même année, Bucquet constata que le caillot, lavé à l'eau, se divise en deux portions distinctes : l'une, qui est entraînée par des lavages à l'eau ; l'autre, la portion fibreuse, en filaments qui restent : c'est donc lui qui prouva le premier l'existence de la fibrine dans le caillot.

Fourcroy et Vauquelin s'occupèrent du sang vers la fin du XVIII^e^ siècle ; Parmentier et Deyeux attirèrent bientôt, à leur tour, l'attention sur le sang pathologique. Le docteur Wells fit voir, à la même époque, que la coloration du sang n'était pas due au fer, mais bien à une matière animale organisée ; il attira l'attention sur l'action de l'air dans le changement de couleur que le sang veineux subit sous cette influence.

A partir de cette époque, l'histoire chimique du sang se

Digitized by Google

complète par les travaux de Berzélius, Marcet, Prévost et Dumas, Lecanu, Andral et Gavarret, Figuier.

4449. Le sang constitue le liquide qui parcourt toutes les veines et les artères de l'économie animale; il est le siège des principaux phénomènes de la vie animale. Dans les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les poissons et les annelides, il possède une couleur rouge; il est d'un rouge-vermeil, quand on le prend dans les artères, et d'un rouge plus ou moins brunâtre quand il est pris dans les veines. Chez les animaux inférieurs, il est incolore ou laiteux, chez les limaces par exemple; dans quelques uns, il est bleu ou d'une couleur améthyste foncée; dans les orthoptères, il est souvent verdâtre; dans les vers à soie, jaunâtre, et d'un brun foncé dans la plupart des coléoptères. Comme il a été peu examiné dans les animaux inférieurs, nous nous occuperons surtout de celui des mammifères.

Le sang des mammifères, pris dans les veines, est un liquide visqueux, d'une couleur brun-rouge, qui passe au rouge-vermeil, quand on l'agite avec de l'air ou de l'oxygène; pris dans les artères, il offre cette dernière coloration. Il constitue une dissolution presque incolore, dans laquelle flottent des particules circulaires, aplaties vers le centre, renflées sur les bords; ces particules colorées lui communiquent la couleur qui lui est propre. Sa pesanteur spécifique varie de 1,050 à 1,057, à la température ordinaire, à 15 ou 16°. Voici quelques exemples d'après M. Marchand :

Densité.			
1,057	homme de	60 ans	
1,059	—	30	
1,055	jeune homme	25	
1,054	—	24	
1,055	—	18	
1,052	—	15	
1,052	—	12	
1,049	femme enceinte de		3 mois
1,046	—		7 »
1,052	femme	35	
1,050	jeune fille	16	

Ces densités sont prises sur du sang battu, à la température de 20°. Il opérait sur 60 grammes, au moins.

Digitized by Google

D'après Davy, le sang pris le matin est plus dense que le soir. La densité du sang diminue par l'abstinence; elle augmente, quand on se prive de boisson.

Densité.	Observateurs.	
1,0550	Richardson,	
1,0527	Haller,	
1,0570	Berzélius,	
1,0510	Davy,	sang artériel.
1,0490		sang veineux.
1,0532	Scudamore,	de l'artère temporale.
1,0532	—	sang veineux.
1,0490	—	sang de la jugulaire.
1,0560	Fourcroy,	sang de bœuf.
1,0510	Andrews,	sang de veau.
1,0530	—	sang veineux.

Le sang normal est toujours alcalin.

Le sang a une saveur saline et repoussante; son odeur est caractéristique, et diffère chez la plupart des animaux; elle paraît toujours plus exaltée chez le mâle. Cette odeur s'exalte encore, quand on traite le sang par l'acide sulfurique. M. Barruel avait pensé que ce caractère pourrait définir la nature du sang, dans certains cas de médecine légale; mais ce caractère n'a rien d'assez net et ni d'assez caractéristique. D'après les expériences de MM. Courbe et Soubeyran, il pourrait, tout au plus, servir comme indice.

4450. Quand on abandonne à lui-même, pendant quelque temps, le sang soit artériel, soit veineux, il se prend en une masse, qui se divise en deux portions distinctes : le *sérum* qui constitue la partie liquide, transparente et jaunâtre; le *caillot* ou *cruor*, qui forme une masse molle, opaque, d'un rouge brunâtre.

Le phénomène de la coagulation du sang mérite que que nous nous y arrêtions un instant; car c'est un pas vers la connaissance de sa constitution. En effet, on peut regarder le sang comme un liquide tenant en dissolution de l'albuminate de soude, dans lequel flottent les globules colorés et qui tient une quantité de fibrine spontanément coagulable en suspension, ou dans un état si voisin de la dissolution, que celle-ci paraît y être véritablement dissoute; elle s'y trouve à un état coulant particulier, analogue à celui que présente l'amidon avec l'eau dans les

Digitized by Google

dissolutions aqueuses d'amidon ; le sang renferme enfin des particules émulsionnées de matières grasses.

Quand le sang est abandonné à lui-même, la fibrine, qui constitue un réseau si ténu, qu'elle peut passer en masse à travers les filtres, se coagule et emprisonne tous les matériaux suspendus dans le sang, en exprimant, par le fait même de son retrait, la plus grande portion du liquide qu'elle laisse passer à travers les mailles qu'elle forme.

On a cru, pendant longtemps, que la fibrine faisait partie des globules du sang : mais, une expérience, qui ne laisse rien à désirer, a démontré le contraire.

Plusieurs substances ont la propriété de retarder la coagulation du sang; quelques variétés de sangs se coagulent moins rapidement; le sang des grenouilles, au printemps surtout, offre cette propriété. Or, M. Muller a fait tomber dans cette saison le sang de grenouilles dans un des liquides qui jouissant de cette propriété, dans de l'eau chargée de sucre ou de sel marin, par exemple. Après avoir agité légèrement, pour obtenir un liquide homogène, on jette le tout sur un filtre ; les globules colorés, rendus moins aptes à passer à travers les pores du papier, restent sur le filtre ; et il passe une dissolution incolore qui, au bout de quelque temps, se coagule en formant un caillot de fibrine qui, n'emprisonnant rien, flotte incolore dans la dissolution.

Quand on reçoit le sang, au sortir du corps, dans un vase refroidi au point de le congeler, il se conserve ; par le dégel, il reprend ses propriétés primitives et se coagule.

La coagulation du sang est un phénomène purement physique, qui s'opère sans le concours des agents extérieurs; il s'opère dans les gaz qui n'ont pas d'action chimique intense sur le sang, ainsi que dans le vide.

Le phénomène de la coagulation du sang est complètement empêché, lorsqu'on y ajoute des substances capables de dissoudre la fibrine ; la potasse et la soude caustiques sont dans ce cas ; les carbonates de ces bases font le même effet, quand on les emploie en excès; si on en met peu, ils retardent la coagulation sans l'empêcher.

Parmi les sels, beaucoup retardent la coagulation : le sulfate de soude, le sel marin, le nitre, le chlorure de potassium, l'acétate de potasse, le borax. D'après M. Magendie, les nitrates de strychnine, de morphine et de nicotine, sembleraient dans le même cas ; tandis que le sel marin, le

Digitized by Google

le chlorure de potassium, le sel ammoniac, le chlorure de baryum et le sulfate de magnésie, la rendraient plus facile. Le sucre la retarde incontestablement.

Les acides organiques dilués la retardent ou l'empêchent; les acides minéraux seraient dans le même cas; mais nous verrons en étudiant la digestion comment il faut se rendre compte de ces actions.

Si au lieu d'abandonner le sang à lui-même, on le bat au sortir de la veine, la fibrine se prend en masses qu'on obtient parfaitement blanches en les lavant à l'eau; on peut également obtenir la fibrine au moyen du caillot, en le lavant à l'eau sur une toile serrée.

Dans quelques cas pathologiques, la fibrine, au lieu de se séparer du sang sous la forme d'un caillot qui emprisonne les globules, s'en sépare seule, tandis que les globules plus denses se portent au fond du sérum. On donne le nom de *couenne inflammatoire* à la fibrine qui se sépare ainsi; je dis à la fibrine avec restriction cependant; car la fibrine de la couenne pourrait avoir subi quelque modification dans sa composition, quoiqu'à l'analyse elle m'ait présenté des nombres semblables à ceux que j'ai obtenus avec la fibrine ordinaire. On serait, du reste, autorisé, à priori, à la regarder comme de la fibrine, puisque le sang du cheval, par exemple, offre toujours une couenne. En admettant cette identité, il serait facile d'expliquer sa formation; la couenne se présenterait toujours quand les globules auraient eu le temps de se précipiter ou de se séparer du sang avant la coagulation de celui-ci.

Trois causes principales peuvent intervenir pour déterminer la formation de la couenne : 1° certaines fibrines se coagulent plus ou moins rapidement, particularité dépendant sans doute de leurs propriétés physiques; 2° le sérum peut renfermer une quantité de sels propres à ralentir la coagulation; 3° ce sérum peut être faiblement dense, pauvre en albumine par conséquent, et faciliter ainsi le dépôt des particules colorées.

4451. Nous venons de considérer le sang en dehors de l'animal; quand il se trouve dans les veines et les artères, il possède une température en rapport avec celle de l'animal lui-même; d'après Davy, il y aurait une différence de près d'un degré entre le sang veineux et le sang artériel qui est plus chaud; la température du sang est aussi environ d'un

Digitized by Google

degré et demi plus élevée chez l'homme que celle de la bouche ou du rectum.

Les propriétés chimiques du sang, pris à l'état frais, doivent nous occuper maintenant; il est, du reste, facile d'en prévoir beaucoup d'après la connaissance des matériaux qui le constituent.

Examinons d'abord l'action de divers gaz. On peut les diviser sous ce rapport en trois classes :

1° Les gaz neutres, qui n'agissent sur lui que d'une façon mécanique ;

2° Les gaz acides ;

3° Le gaz ammoniac.

Nous supposerons qu'on prenne du sang veineux. L'air atmosphérique et l'oxygène lui font prendre la teinte rouge-vermeil qui caractérise le sang artériel ; l'oxygène est absorbé et déplace une portion des gaz que le sang tient toujours en dissolution, c'est à dire, l'acide carbonique et l'azote.

L'oxyde de carbone, l'hydrogène carboné, le deutoxyde d'azote lui font prendre une couleur d'un brun-violacé.

L'azote, l'acide carbonique, l'hydrogène, le protoxyde d'azote, lui communiquent une teinte rouge-brun.

L'hydrogène arseniqué et sulfuré lui donnent une teinte violet foncé, passant peu à peu au brun-verdâtre.

Ces gaz n'agissent très probablement que d'une façon mécanique, sauf les deux derniers. Les acides chlorhydrique et sulfureux altèrent profondément le sang : le premier le fait passer au brun-marron et le coagule; le second lui communique une teinte noire en le coagulant de même. Le chlore agit d'abord en le colorant en brun-noir; il coagule son albumine, d'abord par lui-même, ensuite par l'acide chlorhydrique résultant de sa combinaison avec les principes organiques du sang ; peu à peu il le décolore et s'empare du fer contenu dans la matière colorante.

Le gaz ammoniac lui communique plus de liquidité, et le fait passer au rouge-cerise.

De ce que certains gaz n'agissent sur le sang que d'une façon purement mécanique, il ne faudrait pas en conclure que, respirés en petite quantité, ils seraient tout à fait inoffensifs ; l'oxyde de carbone, en particulier, agit pendant la vie sur le système nerveux, et détermine la mort, quand il est respiré à la dose d'un demi pour cent.

Digitized by Google

Il n'en est pas de même de l'hydrogène et de l'azote, qui paraissent n'intervenir qu'en empêchant le contact de l'oxygène, et ne produire des effets fâcheux que quand ils délayent par trop l'air de la respiration.

L'acide sulfhydrique aussi est très vénéneux ; il se détruit pourtant dans son contact avec le sang, et il y a précipitation de soufre. Les individus soumis à respirer souvent de petites quantités d'hydrogène sulfuré, contractent, à ce que croient quelques médecins, la maladie connue sous le nom d'*anhémie des mineurs*, qui paraît être due à la présence de ce gaz dans les lieux habités par les individus qui en sont atteints.

Qui ne connaît l'effet délétère des dégagements d'hydrogène sulfuré, dans certains marais, dans lesquels il résulte de la décomposition du sulfate de chaux. Celui-ci, en présence des matières organiques, se change en sulfure de calcium, que l'acide carbonique décompose à son tour en carbonate de chaux et hydrogène sulfuré. Presque toujours son apparition annonce un danger grave, surtout si dans le lieu où elle se manifeste il y a eu contact d'eau douce et d'eau salée, soit que ce gaz agisse par lui-même, ce qui est peu probable, soit qu'il agisse comme véhicule de miasmes organiques. Dans les sources thermales qui en dégagent, il est inoffensif ; mais sa température, au moment où il se dégage, est assez élevée, pour qu'il se trouve brûlé de suite.

L'hydrogène arsenical agit comme poison par l'arsenic qu'il contient ; je crois, cependant, qu'on a un peu exagéré ses propriétés délétères.

L'acide chlorhydrique, l'acide sulfureux et le chlore, auxquels il faudrait encore joindre les acides bromhydrique et iodhydrique, portent des troubles plus ou moins profonds dans les procédés de la vie, par leur action sur le sang.

4432. Tous les acides qui coagulent l'albumine coagulent le sang. Il faut observer que, dans la coagulation du sang, la matière colorante elle-même se coagule aussi par l'albumine qui fait partie des globules qui la contiennent. De même, les corps qui dissolvent l'albumine dissolvent aussi la matière colorante dans la plupart des cas, quand elle n'a pas été isolée, et qu'elle se trouve encore contenue dans les globules organisés.

Digitized by Google

Il est donc inutile de répéter ici ce que nous avons dit en parlant de l'albumine et de la fibrine, qui constituent les principaux ingrédients du sang.

Les bases alcalines ajoutées au sang, s'opposent à sa coagulation ; l'ammoniaque lui-même en fait autant. Tous ces corps en dissolvent la matière colorante,

Quant aux sels, nous avons déjà vu quels sont les phénomènes que quelques uns d'entre eux produisent avec le sang : en général, les sels métalliques produisent des précipités formés par l'oxyde du sel, l'albumine et l'hématosine. Ces précipités contiennent de petites quantités de savons métalliques, provenant des matières grasses dissoutes dans le sérum à la faveur de la soude qu'il contient.

On serait tenté de croire que l'eau n'a aucune action sur le sang ; car celle-ci n'agit ni sur l'albumine, ni sur la fibrine, mais son action sur les particules du sang est remarquable. En effet, met-on du sang en contact avec une quantité considérable d'eau, et le porte-t-on dans cet état sous le microscope, on voit bientôt les globules prendre une forme sphéroïdale, et se déformer entièrement par un phénomène d'endosmose probablement. Cette propriété est très intéressante, et donne la mesure du danger qu'il y aurait à introduire une trop grande quantité d'eau dans le sang d'un animal ; car, non seulement alors il deviendrait propre à causer des hémorrhagies, mais très probablement les phénomènes de la formation et de la vitalité des globules pourraient en être profondément modifiés.

L'alcool coagule le sang en s'emparant de son eau ; il s'empare aussi de quelques matières grasses, de quelques sels ; il est facile de comprendre, dès lors, comment il agit sur les portions sanguines, dans la conservation des pièces anatomiques.

La créosote et le tannin coagulent également le sang.

4453. Porté à la température de 75°, le sang se coagule. Ainsi cuit, il sert à divers usages. Cette propriété est mise à profit pour clarifier les dissolutions troubles. On emploie aussi le sang de certains animaux, coagulé par la chaleur, pour la fabrication des boudins, et il y a une question que l'analyse chimique éclaircira sans doute à ce sujet. En effet, tandis que le sang de porc est apte à faire des boudins par lui seul, le sang de la plupart des autres animaux ne convient pas, et ne peut servir à cet usage que par

Digitized by Google

l'addition d'une certaine quantité de lait; or, celui-ci apporte au sang deux matériaux principaux, la caséine et la matière grasse. Le sang de cochon contiendrait-il ces deux principes en quantité suffisante, ou l'un des deux suffirait-il seul? Il y a là une question à éclaircir.

4454. Les corpuscules, que l'examen microscopique nous a appris à discerner dans le sang des animaux, sont de deux sortes : les uns, en petit nombre, sont incolores; les autres, sont colorés. Les corpuscules de tous les animaux vertébrés sont lisses, aplatis, de sorte qu'ils peuvent glisser aisément les uns sur les autres. Chez l'homme et chez la plupart des mammifères, ils sont circulaires et en forme de disques, renflés sur les bords. Ils jouissent de beaucoup d'élasticité et de flexibilité. Au sortir des vaisseaux sanguins, quand on comprime sous le microscope une goutte de sang, ils s'aplatissent, et reprennent leur forme, quand la pression cesse. La flexibilité des globules s'aperçoit aisément, quand on les examine dans la circulation d'un animal vivant. La grenouille, dans laquelle ils sont très volumineux et elliptiques, se prête très bien à cette expérience : on voit ses globules s'allonger dans les passages étroits, et s'ils rencontrent quelque obstacle, prendre la forme d'un bissac, pour reprendre ensuite leur forme primitive.

Ils sont toujours plus pesants que le sérum et le plasma du sang. Quoique la relation de pesanteur ne soit pas constante, et que, dans quelques cas, ils se précipitent plus facilement que dans d'autres, on observe, cependant, que plus ils sont développés et grands, plus ils ont de tendance à se déposer. Ainsi, tandis que dans le sang des mammifères, ils ne se déposent que difficilement lorsqu'il a été battu, les voit-on toujours se déposer rapidement dans le sang des grenouilles.

Quand on les examine à l'état parfaitement frais, ils paraissent homogènes, dans la plupart des cas. Dans quelques sangs, on aperçoit de suite, dans d'autres, quelque temps après leur séparation de l'animal, un point central obscur, qu'il est très difficile d'interpréter, surtout dans l'examen du sang des animaux dont les globules sont très petits.

M. C. H. Schultz a fait, à ce sujet, une observation qui serait importante. Quand on examine le sang d'une salamandre asphyxiée par l'acide carbonique, les globules ont une couleur plus foncée, qui s'exalte dans certains points,

Digitized by Google

de façon qu'ils ont un aspect bariolé. Vient-on à les agiter avec de l'oxygène, ils perdent leur teinte foncée, et redeviennent parfaitement transparents. Le point central obscur résulterait-il d'une fixation d'acide carbonique, qui serait déplacé par l'oxygène ? Cela paraît assez probable, lorsqu'on songe surtout que dans la circulation on n'aperçoit pas la tache centrale ; on ne peut cependant pas nier l'existence des noyaux fibrineux.

Les corpuscules du sang conservent pendant longtemps leur forme, quand on les garde dans des liquides albumineux ou dans du sérum ; cependant, ils s'affaissent toujours un peu : aussi, faut-il toujours les examiner de suite et les étendre de sérum. Quand on ajoute de l'eau au sérum le globule se distend en une sphère lisse ; il pâlit, tandis que la tache centrale devient de plus en plus apparente. Au bout de peu de temps, il est tellement transparent et incolore, que la tache centrale ne semble plus entourée que d'une auréole pâle. La tache centrale paraît ne pas occuper le centre du globule, mais se rouler sur la paroi interne de la sphère. Quand la cellule se déchire par l'action prolongée de l'eau, elle s'affaise autour du noyau, sous la forme d'une bandelette.

Quand on mélange le sang avec une trop grande quantité d'eau, ces phénomènes sont si rapides qu'on ne peut plus les suivre, les globules crèvent de suite.

C'est encore sur le sang de grenouille qu'on peut le mieux suivre ce phénomène, qui indiquerait que le globule du sang est formé par une membrane qui porte un noyau dans son intérieur, et qui entoure et enferme la matière colorante, qui se trouverait à l'état de dissolution sous forme liquide dans l'intérieur de la vésicule.

Les dissolutions étendues de l'albumine et des sels du sang, agissent comme l'eau, mais avec une rapidité variable et en proportion avec leur dilution.

L'acide acétique agit comme l'eau, mais d'une manière beaucoup plus rapide. Les acides oxalique, phosphorique et lactique, agissent comme l'acide acétique.

Les dissolutions concentrées de sel marin, de carbonate de potasse, de carbonate d'ammoniaque, de sel ammoniacal et de sucre, sont sans action sur les globules ; quand elles sont saturées, elles déterminent, cependant, les globules à se contracter et à s'affaisser : aussi, les globules qui

Digitized by Google

ont été distendus par l'eau reprennent-ils leur forme primitive aplatie, quand on les plonge dans des dissolutions salines concentrées, ou du moins acquièrent-ils la forme de petits globules irrégulièrement rétractés. Ils ne doivent pas avoir perdu trop de matière colorante par l'action de l'eau; ils sont toujours plus transparents et plus minces.

Les corps qui peuvent déterminer la coagulation de l'albumine et de la globuline contenues dans les cellules, déforment les globules : les acides sulfurique, nitrique, l'alun, l'alcool, le chlore, sont dans ce cas. Les sels métalliques sont dans le même cas; ceux qui forment des composés solubles dans un excès d'albumine ou de sel métallique, les déforment et souvent les gonflent comme l'eau.

Les bases alcalines dissolvent les globules complètement; la conicine agirait de même, ainsi que l'ammoniaque.

L'acide chlorhydrique les dissout complètement et forme un magma gélatineux.

1455. La forme et la grandeur des globules du sang diffèrent dans les divers animaux : les globules de presque tous les mammifères sont circulaires; ceux des autres animaux sont elliptiques.

Animaux à globules circulaires.

	Diamèt. en fraction du millimètre.
Homme	1/120
Singes divers, chien, lapin, cochon, hérisson, cochon d'Inde, muscardin	1/150
Ane, chat, souris grise, souris blanche	1/170
Mouton, oreillard, cheval, mulet, beuf	1/200
Chamois, cerf	1/218
Chèvre	1/238
Escargot des vignes	1/100

Animaux à globules elliptiques.

	Grand diamèt.	Petit diamèt.
Dromadaire, alpaca	1/125	1/220
Orfraie, pigeon, dinde, canard	1/75	1/100
Poulet	1/80	1/100
Paon, oie, corbeau, moineau, chardonneret	1/86	1/160
Mésange	1/100	1/160

Digitized by Google

Tortue terrestre	1/48	1/77
Vipère	1/60	1/100
Orvet	1/66	1/115
Couleuvre	1/50	1/100
Lézard gris	1/66	1/110
Salamandre	1/30	1/85
Grenouille commune	1/45	1/75
Lote, véron, dormille	1/75	1/125

4456. Nous venons d'examiner les globules du sang à l'état organisé; cherchons maintenant à nous rendre un compte exact des matériaux qui les composent; nous y trouvons :

1° Enveloppe extérieure du globule;

2° Matériaux renfermés dans la capsule; c'est à dire, les matières albuminoïdes, la matière colorante rouge et le noyau.

Rien de plus facile que de séparer l'enveloppe et le noyau des globules du sang : à cet effet, on prend du sang parfaitement défibriné par le battage, et on le porte dans une très grande quantité d'eau. Bientôt, les phénomènes de gonflement déchirent le corpuscule; son contenu se dissout dans l'eau, et le noyau se dépose avec l'enveloppe. Il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de séparer ces deux corps qui offrent tous les caractères de la fibrine obtenue par le battage du sang. Comme l'analyse élémentaire du mélange de ces corps n'a pas été faite, on ne peut rien dire ici quant à leur composition; elle seule pourrait apprendre si l'enveloppe ne se rapproche pas des tissus épidermiques; auquel cas, le carbone serait moins fort et l'azote plus fort que dans l'albumine et la caséine.

Il est plus difficile de se rendre compte de la nature des matériaux solubles dans l'eau qui sont renfermés dans les globules du sang; les opinions sont divisées à cet égard : les uns les regardent comme de l'albumine pure; d'autres, comme une matière particulière à laquelle M. Berzélius a donné le nom de *globuline*, et que M. Lecanu avait regardée comme de l'albumine qui se serait coagulée pendant la préparation de la matière colorante du sang.

4457. La globuline se rapproche, comme la matière du cristallin de l'œil, par toutes ses propriétés, de la caséine retirée du lait. On l'obtient aisément en faisant digérer les

Digitized by Google

matières albumineuses précipitées par l'acide sulfurique, et lavées à l'alcool sulfurique, obtenues dans la préparation de la matière colorante du sang, avec du carbonate de chaux ou de baryte suspendus dans l'eau. On reprend la masse filtrée par de l'alcool, qui dissout la globuline.

M. Mulder a fait l'analyse du sulfate de globuline; voici ses résultats :

Carbone.....	4,11
Hydrogène.....	7,17
Azote.....	15,70
Oxygène.....	20,52
Acide sulfurique....	2,50

En rapportant ces nombres aux éléments organiques seuls, on aurait :

Carbone.....	55,5
Hydrogène.....	7,3
Azote.....	16,1
Oxygène.....	21,1

4458. *Hématosine.* On a donné le nom d'hématosine à la matière qui colore les globules du sang ; nous l'avons déjà considérée dans ceux-ci ; il nous reste maintenant à l'étudier, quand elle en a été isolée ; mais il faut d'abord que nous jetions un coup d'œil rapide sur les propriétés qu'elle offre, lorsque les globules, déchirés par le gonflement dans l'eau, permettent à la matière colorante de s'échapper avec la globuline, la caséine ou l'albumine, et qu'alors, soit par elle-même, soit avec le concours de ces substances auxquelles elle se trouve associée dans le globule, elle se dissout dans l'eau.

La dissolution de la matière colorante du sang, mêlée des matériaux albumineux auxquels elle est associée, prend, par son agitation avec de l'oxygène, une teinte qui se rapproche de celle du sang artériel, sans jamais l'atteindre cependant, car déjà elle a subi une modification. On peut évaporer cette dissolution à une température qui ne dépasse pas 50°, sans qu'elle se modifie ; elle laisse alors comme résidu une masse presque noire, susceptible de se pulvériser, et qui, arrivée à cet état de dessiccation, peut être maintenue, pendant plusieurs heures, à 100°, sans

Digitized by Google

perdre sa solubilité dans l'eau. En portant cette dissolution à la température de 75°, elle se coagule à la manière du sérum à peu près ; si la dissolution est très concentrée, le liquide coloré qui surnage la masse coagulée, séparé de celle-ci, se coagule à son tour, en abandonnant un liquide moins coloré et jaunâtre.

Le chlore décolore la dissolution de cette matière.

L'alcool la coagule comme la chaleur.

Les acides agissent de la même manière.

Les alcalis et les acides se combinent avec elle.

Tous ces caractères, comme on le voit, se rapportent parfaitement à ceux du sang défibriné.

Quelques chimistes donnent à ce corps le nom d'*hématoglobuline*. M. Berzélius le regarde comme une véritable combinaison ; nous croyons, cependant, qu'il vaut mieux le regarder comme un simple mélange qui participe des propriétés de ses constituants : globuline, caséine, albumine et hématosine. D'après Hunefeld, on obtiendrait facilement l'hématosine non coagulée en traitant le caillot du sang par de l'éther bien débarrassé d'acide et d'alcool : à cet effet, on le découpe en tranches minces qu'on suspend dans l'éther, celui-ci se charge d'hématosine et se colore en rouge ; on obtient la matière colorante à l'état d'un dépôt rouge qui retient une portion de la matière grasse que l'éther enlève au caillot. Quand on abandonne cette dissolution éthérée à elle-même, l'hématosine dissoute ne tarde pas à passer spontanément à l'état insoluble, et se précipite d'abord sous forme de poudre, mais ne tarde guère à se coaguler en entier. L'alcool coagule également la dissolution éthérée.

L'acide acétique et l'acide phosphorique, à trois équivalents d'eau, ne précipitent pas cette dissolution ; mais les autres acides en précipitent de l'hématosine en brun, et se combinent avec elle.

Hunefeld seul a étudié l'hématosine préparée comme il vient d'être dit ; cette préparation n'a pas réussi entre les mains de M. Berzélius et de F. Simon.

Il nous reste à faire maintenant l'histoire de l'hématosine coagulée, telle qu'on l'obtient après l'avoir coagulée et séparée des principes albuminoïdes des globules.

Beaucoup de chimistes s'étaient occupés à chercher à

Digitized by Google

isoler la matière colorante du sang, mais sans succès. Les premiers essais sont dus à M. L. Gmelin, qui avait observé que le sang coagulé par l'alcool, et qu'on traite ensuite par un excès d'alcool bouillant, cède sa matière colorante à ce véhicule : cette méthode ne suffit pas pour l'obtenir à l'état de pureté. Il proposa ensuite de coaguler le sang par de l'acide chlorhydrique étendu : en reprenant le coagulum par l'alcool, celui-ci dissout le chlorhydrate d'hématosine.

C'est M. Lecanu, auquel on doit une série nombreuse et intéressante de recherches sur le sang, qui, le premier, l'a isolée par une méthode qui ne laisse rien à désirer; mais, d'après ce que nous avons déjà dit, il ne faut plus s'attendre à voir la matière colorante, ainsi obtenue, offrir les propriétés que nous lui avons reconnues soit dans les globules, soit lorsqu'elle se trouve encore à l'état non coagulé. Il y a un changement aussi complet à son égard que celui qui s'opère pour l'albumine liquide, qu'on a coagulée, soit par la chaleur, soit par les acides; en un mot, de l'état de matière organisée, elle passe, par le traitement nécessaire à sa préparation, à l'état de matière organique.

Il y a plusieurs méthodes pour préparer l'hématosine : voici la plus simple et qui donne un produit très pur; les autres s'en rapprochent beaucoup, et les modifications n'ont rien d'essentiel.

On prend du sang parfaitement défibriné par le battage, et on y ajoute, peu à peu, de l'acide sulfurique dilué, jusqu'à ce qu'il se prenne en une bouillie épaisse, brunâtre. Cette masse est délayée dans un peu d'alcool, et jetée sur une toile pour la laisser égoutter; ensuite, on la soumet à la presse. Le gâteau brun qu'on obtient est repris par de l'alcool acidulé par l'acide sulfurique. On continue ce traitement, tant que les liqueurs se colorent. L'alcool dissout la matière colorante, et laisse un résidu presque incolore, qui renferme du sulfate d'albumine et de globuline, ou de caséine. Les teintures alcooliques filtrées sont sursaturées par de l'ammoniaque, filtrées, puis évaporées à siccité. Le résidu desséché se compose maintenant d'hématosine, de sels, de matières grasses, et de quelque peu de matière extractive; on s'en débarrasse en le pulvérisant parfaitement, et en le traitant successivement par de l'éther, de l'alcool et de l'eau. Le résidu constitue déjà la matière colo-

Digitized by Google

rante, presque pure ; on le reprend par de l'alcool ammoniacal, on filtre, et on évapore à siccité. On lave ce résidu à l'eau pure, et on le dessèche à une température peu élevée.

Obtenue de cette manière, l'hématosine est un corps solide, brunâtre, sans saveur, sans odeur. Quand on l'obtient en évaporant sa dissolution dans l'alcool ammoniacal, au bain-marie, elle se présente sous la forme d'une masse, d'un rouge noirâtre, ayant un peu l'aspect métallique.

Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'éther acétique, les huiles grasses ou volatiles, soit à chaud, soit à froid. Elle se dissout à chaud dans l'huile de térébenthine et l'huile d'olive.

L'eau, l'alcool, l'éther acétique, contenant une très petite quantité d'ammoniaque, de potasse ou de soude caustique, la dissolvent aisément ; ces alcalis conservent la réaction alcaline, quelle que soit la quantité d'hématosine mise en contact avec eux. La couleur de la dissolution est d'un rouge de sang. Si on chauffe les dissolutions avec un excès d'alcali, l'hématosine se modifie ; elle prend avec la potasse une couleur verdâtre, et ne se dissout plus dans l'alcool acidulé. Les carbonates de soude et de potasse, ainsi que le borax, rendent soluble une quantité notable d'hématosine.

Elle se dissout aisément dans l'alcool acidulé par l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Ces dissolutions possèdent une couleur brune, mais passent au rouge, quand on neutralise l'acide ; l'eau la précipite de ces dissolutions alcooliques acides.

L'alcool faible, chargé de sulfate de soude, la dissout ; ce sel ne communique pas cette propriété à l'eau. L'acide sulfurique concentré ne dissout pas l'hématosine ; il lui enlève un peu de fer, et laisse un résidu brun, qui ne se dissout plus dans l'alcool acide ou ammoniacal. L'acide sulfurique, étendu de six fois son volume d'eau, agit à peu près de la même manière ; mais le résidu qu'il laisse se dissout, en partie, dans l'alcool et l'éther.

L'acide chlorhydrique concentré agit comme l'acide sulfurique.

Ces résidus bruns sont solubles dans l'acide sulfurique concentré ; mais il les détruit bientôt.

L'acide nitrique détruit l'hématosine à chaud.

Digitized by Google

L'acide acétique ne la dissout pas.

Quand on la suspend dans l'eau et qu'on y fait passer un courant de chlore, elle est décolorée; la liqueur contient du chlorure de fer.

M. F. Simon a fait quelques essais pour constater comment l'hématosine se comporte avec les divers réactifs : à cet effet, il dissout l'hématosine dans de l'eau légèrement alcaline, et ajoute ensuite de l'acide acétique, jusqu'à ce que le papier de tournesol n'indique plus la réaction alcaline. La dissolution étant filtrée, l'hématosine en est précipitée en flocons bruns par les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, arsenique et acétique.

Le bichlorure de mercure y forme, à la longue, des flocons surnagés par un liquide coloré.

Les acétates neutre et basique de plomb y forment un précipité brun, floconneux, et décolorent complètement la liqueur.

Le chlorure de zinc, l'acétate de cuivre, le nitrate d'argent, la précipitent.

Le chlorure de fer n'y forme qu'un précipité faible.

Le cyanure jaune de potassium et de fer ne la précipite pas ; mais en l'acidifiant par de l'acide sulfurique, il se forme des flocons bruns ; la liqueur surnageante est colorée en vert.

Le sulfocyanure de potassium y occasionne une coloration rouge intense, tandis qu'il se dépose des flocons bruns.

Les sels de baryte et l'alun forment des précipités floconneux, brunâtres, et décolorent complètement le liquide.

Toutes ces réactions se reproduisent en faisant usage d'une dissolution ammoniacale, neutralisée par l'acide sulfurique.

L'hématosine, chauffée dans une cornue, fournit les produits qui résultent de la destruction des matières azotées; chauffée à l'air, elle brûle à la façon des sels organiques de plomb, en dégageant l'odeur de corne brûlée, sans fondre et sans se boursoufler.

Quand on la fait déflagrer avec du nitre, on ne peut découvrir, dans le résidu, ni acide phosphorique, ni acide sulfurique, ce qui prouve qu'elle ne contient ni phosphore, ni soufre. Quand elle est parfaitement pure, elle ne laisse d'autres cendres que le peroxyde de fer provenant du fer qu'elle contient.

Digitized by Google

M. Mulder a fait l'analyse de l'hématosine, et il est arrivé aux résultats suivants qui s'accordent avec mes propres analyses :

	Sang artériel de bœuf.	Sang veineux de bœuf.	Sang de bœuf.	Sang de mouton.
Carbone	66,49	65,91	66,20	65,73
Hydrogène...	5,30	5,27	5,44	5,28
Azote.....	10,54		10,46	10,57
Oxygène	11,01		11,15	11,97
Fer	6,66	6,58	6,75	6,43
	100,00	100,00	100,00	100,00

Il en tire la formule suivante :

C^{44}....	3363,14	65,84
H^{44}....	274,55	5,37
Az^{6}....	531,11	10,40
O^{6}.....	600,00	11,75
Fe	339,21	6,64
	5108,01	100,00

M. Lecanu a trouvé un peu plus de fer que M. Mulder. Voici, du reste, les déterminations qui ont été faites à ce sujet :

	Oxyde de fer en centièmes	Fer en centièmes.	Observateurs.
Sang humain	10,00	6,93	Lecanu.
de bœuf.....	12,85	8,90	Lecanu.
artériel de bœuf..	9,60	6,66	Mulder.
veineux de bœuf.	9,62	6,75	Mulder.
de bœuf	11,50	7,97	F. Simon.
de mouton.... .	9,30	6,45	Mulder.
de poules.....	8,34	5,78	Lecanu.

L'hématosine se combine aux acides, elle absorbe l'acide chlorhydrique gazeux à la température ordinaire; à 100°, ce composé perd la moitié de l'acide qu'il contient. M. Mulder lui assigne la composition suivante :

C^{88}.....	61,71
H^{91}.....	5,21
Az^{12}.....	9,76
O^{12}.....	11,01
Fe^{2}.....	6,22
Ch^{3}.....	6,09

Digitized by Google

Quand on fait passer du chlore sec sur l'hématosine, desséchée à 130°, elle en absorbe à peu près la moitié de son poids. M. Mulder assigne à cette combinaison, la formule suivante :

C^{44}	43,32
H^{44}	3,54
Az^{6}	6,84
O^{6}	7,73
Fe^{1}	4,37
Cl^{12}	34,20

4459. M. Sanson a trouvé dans le sang une matière colorante jaune, à laquelle est due la coloration du sérum, et qui n'est pas sans analogie avec certaines matières colorantes de la bile. On l'obtient en lavant à l'alcool du sang de bœuf bien desséché, qui dissout quelques sels et des matières grasses ; ensuite, on reprend le résidu par de l'eau distillée. La matière se dissout dans celle-ci et laisse, par l'évaporation, un résidu jaunâtre ayant une saveur saline; en le reprenant par de l'alcool pur ou de l'alcool éthéré, on obtient des teintures d'un jaune d'or.

M. F. Simon croit avoir trouvé une matière colorante particulière dans le sang ; il lui donne le nom d'hémaphæine. Elle se distingue surtout de l'hématosine par sa solubilité dans l'eau et dans l'éther, par la couleur rouge intense qu'elle communique à l'alcool. Il croit que la matière jaune de Sanson n'est que son hémaphæine.

Ces matières sont trop peu étudiées pour nous y arrêter; elles ne sont très probablement que des modifications de la matière colorante normale du sang.

MM. Lassaigne et Lecanu ont rencontré une matière colorante bleue dans le sang des ictériques; M. Chevreul en a signalé une semblable dans la bile, et c'est probablement celle-là que MM. Lassaigne et Lecanu ont retrouvée dans le sang des ictériques.

M. Sanson a rencontré une matière colorante bleue dans le sang normal. Il suffit de précipiter le sang par de l'acétate basique de plomb; de dessécher le résidu, et de le reprendre par de l'alcool à 0,800, qui la dissout et se colore en bleu. On évapore ces dissolutions à sec; on lave le résidu à l'eau et à l'éther, à froid, enfin, avec de l'alcool à une température de 40 degrés. On obtient alors un

Digitized by Google

résidu brunâtre, qui se dissout dans l'alcool bouillant et qui le colore en bleu de ciel.

Cette matière colorante est insoluble dans l'alcool, l'éther et l'eau à froid. Elle se dissout dans l'alcool bouillant et s'en dépose par le refroidissement. Les acides concentrés ne l'attaquent pas, excepté l'acide sulfurique. L'ammoniaque, ajoutée à sa dissolution alcoolique, la colore en vert; les acides ramènent la couleur au bleu. Le chlore la décolore; la dissolution acide ne contient pas de fer.

4460. On a mis en usage diverses méthodes pour faire les analyses générales du sang. Nous n'entrerons pas dans les détails de ces méthodes, qui se modifieront toujours au fur et à mesure des exigences de la science. Cependant, elles prendront probablement toujours leur point de départ dans les données que fournit la coagulation du sang, et la détermination préalable des matériaux essentiels, qu'on rencontre dans le sang physiologique de chaque animal; sauf à déterminer ensuite, pour le sang pathologique, les matières spéciales qui apparaissent dans des cas donnés.

Par la coagulation spontanée, le sang se partage en deux portions : le sérum et le caillot. Le sérum contient l'albumine du sang et les matières solubles. Le caillot contient du sérum, dont on peut faire abstraction par la pensée; on le regarderait comme renfermant la portion insoluble du sang, la fibrine et les globules.

On comprend que si l'on parvient à déterminer, d'une manière exacte, la relation pondérale qui existe entre les quantités de ces matières, on aura fait un grand pas dans la connaissance de la composition du sang; et nous allons décrire la méthode généralement suivie dans les déterminations de ce genre.

Les nombres qu'on obtient ne sont pas absolus, sans doute; mais j'ai constaté que deux analyses du même sang, pris sur le même animal, donnent des résultats identiques, en prenant la précaution de choisir un animal de grande taille, et en lui faisant des saignées légères; auquel cas, les phénomènes d'endosmose ne viennent pas troubler la quantité relative des matériaux solides de la première et de la dernière portion du sang qui s'écoule. Le sang s'appauvrit, comme on sait, à la fin des fortes saignées.

Le sang est reçu dans deux vases d'égale capacité, ar-

Digitized by Google

rangés de façon à ce qu'on puisse, assez exactement, recevoir, dans l'un, le premier et le quatrième quart; dans l'autre, le second et le troisième. On abandonne le sang du premier et du quatrième quart à lui-même, pour le laisser se coaguler; tandis qu'au sortir de la veine, on bat celui des deuxième et troisième quarts de la saignée.

Ces précautions sont absolument nécessaires, pour obtenir des proportions homogènes d'eau et de matériaux solides dans les portions du sang recueilli pendant la durée d'une saignée, et qui va en s'appauvrissant d'une façon notable, surtout chez les animaux de petite taille. L'expérience m'a démontré qu'elle est suffisante et indispensable.

1° On prend la portion battue du sang dans laquelle la fibrine s'est séparée et coagulée; on la jette sur une toile serrée et on lave cette fibrine jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement blanche: on la dessèche d'abord à l'étuve et ensuite au bain-marie, jusqu'à ce que son poids ne varie plus; on la sèche dans cet état.

Le battage du sang peut s'opérer avec des balais ou mieux avec la main : dans ce dernier cas, la fibrine vient s'attacher sur les doigts et y forme un réseau qui les entoure à la façon d'un gant; il est très facile à enlever, sans perte aucune.

2° On sépare, avec beaucoup de soin, le sérum du caillot; on dessèche le sérum avec soin et on pèse le résidu.

3° Pour plus de facilité, on prend le caillot, on le découpe en tranches minces, on le dessèche et on le pèse.

On obtient donc de cette manière :

1° Le poids de la fibrine sèche, par la détermination directe ;

2° Le poids des matériaux solides du sérum et le poids de l'eau qu'il renferme;

3° Connaissant la quantité d'eau et de matériaux solides du sérum, la perte que le caillot subit, donne le poids du sérum qu'il emprisonnait et dont la composition est connue. On calcule la quantité de matériaux secs laissés dans le caillot par ce sérum; on retranche ce poids du du poids total du caillot sec; on en retranche aussi celui de de la fibrine, calculée par rapport au poids total du sang coagulé; le reste représente le poids des globules.

On suppose, dans ce cas, que toute l'eau du caillot est

Digitized by Google

due à du serum, ce qui n'est peut-être pas rigoureusement vrai : la détermination des globules en est affectée, sans doute, mais l'erreur est toujours dans le même sens, et ne change rien à la relation qu'on cherche à établir de la sorte.

Cette méthode d'analyse ne sert, en définitive, qu'à faire la part des trois ordres de matières, distinctes plutôt au point de vue physique qu'au point de vue chimique, que le sang renferme, savoir : 1° la matière coagulable ; 2° la matière soluble ; 3° la matière en suspension.

Quels que soient les perfectionnements dont cette méthode est susceptible, elle aura fourni à la science un moyen prompt et expéditif de comparer entre eux les trois ordres de matériaux que ce liquide nous offre, et dont les variations en modifient les propriétés vitales à un si haut degré.

Les matières minérales s'obtiennent par l'incinération du sang, soit pris tout entier, soit préalablement séparé en caillot et sérum par la coagulation.

Dans ces derniers temps, M. Figuier vient d'exécuter quelques analyses du sang, au moyen du sulfate de soude, dont l'emploi rend le sang susceptible de filtration.

Si on bat le sang pour en séparer la fibrine, et qu'on sépare celle-ci ; qu'on mêle ensuite le sang défibriné avec deux fois son volume d'une dissolution de sulfate de soude à 16 ou 18° de Beaumé, le liquide jeté sur le filtre passe incolore et laisse les globules sur le filtre.

On peut laver les globules au moyen de la même solution de sulfate de soude, tant qu'ils retiennent du sérum. Si on pouvait les débarrasser du sulfate de soude, il ne resterait sur le filtre que les globules purs. L'auteur y parvient en chauffant le filtre à 100°. Les globules se coagulent et deviennent insolubles. En traitant le filtre par l'eau bouillante, on dissout le sulfate de soude, et les globules restent ; mais, comme on le voit, à l'état cuit ou coagulé.

La liqueur chargée de sulfate de soude et filtrée, donne par l'ébullition toute l'albumine du sérum sous sa forme coagulée.

L'eau du sang se détermine par la simple évaporation de 10 ou 20 grammes de sang. Les sels se dosent par l'incinération du résidu, et s'analysent par les procédés ordinaires.

Digitized by Google

Il est facile de s'assurer, dans cette méthode, que les globules sont formés d'hématosine, d'albumine et de fibrine. En effet, ils cèdent leur hématosine à l'alcool ammoniacal. Si on dissout les globules dans l'eau, celle-ci se coagule comme une liqueur albumineuse. A froid, cette liqueur, par le simple repos, laisse déposer de la fibrine.

Entre des mains habiles, le procédé de M. Figuier promet des résultats d'un haut intérêt. Mieux qu'aucun autre, il rend possible une analyse qualitative du sang, si souvent nécessaire et suffisante : il paraît d'ailleurs susceptible d'acquérir une grande précision au point de vue de l'analyse quantitative.

4461. Nous allons maintenant examiner la composition normale physiologique du sang de l'homme. Mais nous devons faire précéder notre examen d'une observation importante.

Le sang se trouve dans l'économie à deux états distincts : le sang veineux et le sang artériel. Le premier, ayant servi à la nutrition des organes qu'il a traversés, revient au cœur et s'artérialise dans les poumons, pour redevenir sang veineux de nouveau. Il y a donc, on le voit, une différence notable entre le sang veineux et le sang artériel : nous apprendrons à la connaître plus tard en détail. Le sang artériel est le même dans tout le parcours de l'économie. Mais, en serait-il de même pour le sang veineux. A priori, on peut dire que non : et, en effet, le sang veineux qui revient de tel organe, où il doit avoir déposé les principes propres à la nutrition de cet organe, ou qui lui enlève les matières rejetées par lui et destinées à se brûler, ne peut avoir la même composition partout, et doit nécessairement varier. Le sang veineux qui revient des mamelles, où il dépose son lait, du foie, où la bile se sécrète, etc..., doit être différent au retour de chacune de ces diverses parties. Il ne peut être homogène et donner une composition normale, que pris lors de sa rentrée dans le cœur à l'état de sang artériel, ou de son arrivée au poumon à l'état de sang veineux. Or, sur l'homme, les analyses sont presque toujours faites avec le sang veineux retiré des veines du bras.

Voici la composition du sang normal veineux de l'homme :

Sérum	870
Caillot	130
	1000

Digitized by Google

Caillot.	Fibrine		3	130
	Globules.	Hématosine	2	
		Matières albumineuses	125	
Sérum	Eau			790
	Albumine			70
	Oxygène, Azote, Acide carbonique			10
	Matières extractives, Graisse phosphorée, Cholestérine, Séroline, Acide oléique, — margarique			
	Chlorures de sodium, — potassium, — d'ammonium			
	Carbonates de soude, — chaux, — magnésie			
	Phosphates de soude, — chaux, — magnésie			
	Sulfate de potasse, Lactate de soude, Sels à acides gras fixes, Sels à acides gras volatils, Matière colorante jaune			
				1000

Les matières grasses qui existent dans le sang s'y trouvent en proportion nécessairement variable avec la nature du régime auquel l'animal a été soumis. Nourris de graisse pure, les chiens donnent un sang dont le sérum opalescent doit son apparence à des globules de matière grasse en suspension. Quelques analyses faites dans mon laboratoire sur du sang de chien, avant et après le régime gras, ont donné du reste un résultat très-singulier, savoir la présence de la graisse en quantité considérable dans le sérum, et presque inappréciable dans le caillot, abstraction faite du sérum dont il est mouillé. Ce fait donnerait une importance nouvelle aux méthodes d'analyses du sang, qui se fondent, comme celle de M. Figuier, sur l'étude de chacun des éléments du sang, pris en lui-même et isolé de tout autre.

Voici, d'après MM. Becquerel et Rodier, la composition moyenne du sang chez l'homme et chez la femme, considérés en santé, et dans l'âge moyen de la vie :

La densité du sang défibriné est égale à 1060 chez l'homme, et à 1057 chez la femme.

Digitized by Google

La densité du sérum s'élève à 1028 chez l'homme, et à 1027 chez la femme.

La composition moyenne des deux sangs se représente, du reste, par les nombres suivants :

	Homme.	Femme.
Eau	780,0	791
Globules	140,0	127
Albumine	69,0	70
Fibrine	2,2	2,2
Matières extractives et sels	6,8	7,4
Séroline	0,02	0,02
Matière grasse phosphorée	0,49	0,46
Cholestérine	0,09	0,09
Savon	1,00	1,05
Sang	1000,00	1000,00
Chlorure de sodium	3,1	3,9
Sels solubles	2,5	2,9
Phosphates	0,334	0,354
Fer	0,565	0,541
Sels pour 1000 de sang	6,495	7,695

4462. Pour faire une bonne analyse du sang normal, il est nécessaire de prendre, du reste, quelques précautions dans la manière de le recueillir. Le sang s'appauvrit rapidement en matériaux solides, au fur et à mesure qu'on répète la saignée, comme nous l'avons déjà dit; on peut en juger par quelques expériences faites à ce sujet avec le docteur Prevost, et dont voici les résultats :

Un chat, robuste et bien portant, est saigné fortement à la carotide. Son sang fournit :

Sérum.	Sang.
900 eau.	7938 eau.
100 albumine.	1184 globules et fibrine.
	878 albumine, etc.

Deux minutes après, on le saigne de la jugulaire externe :

Sérum.	Sang.
916 eau.	8092 eau.
84 Albumine.	1163 globules et fibrine.
	745 albumine, etc.

On laisse de nouveau s'écouler cinq minutes, et on tire du sang de la jugulaire :

Digitized by Google

Sérum.	Sang.
915 eau.	8293 eau.
85 albumine.	935 globules et fibrine.
	772 albumine, etc.

Il est évident que la proportion d'eau s'élève à mesure que l'on répète les saignées.

M. Lecanu a fait comparativement l'analyse du sang dans des saignées consécutives. Voici ses résultats :

	Sang d'une 1re saig. de femme.	Sang d'une 2e saig. prat. le soir même de la 1re.
Eau	792,90	854,05
Globules et fibrine	127,73	87,51
Albumine	70,21	71,11
Sels, mat. grass. et extr.	9,16	7,33
	1000,00	1000,00

	Sang d'un jeune homme de 28 ans vigoureux.	Sang du même à la 3e saignée.
Eau	780,21	853,46
Globules et fibrine	139,13	76,19
Albumine, sels, etc.	80,66	70,35
	1000,00	1000,00

Les expériences de M. Lecanu s'accordent donc avec les nôtres; les unes et les autres ont été pleinement confirmées, du reste, par des essais analogues, exécutés avec le plus grand soin, par MM. Andral et Gavarret.

4463. Les conclusions principales auxquelles les divers auteurs sont arrivés, relativement aux variations de la composition du sang, se traduisent de la manière suivante :

1° Le sang de l'homme contient moins d'eau que celui de la femme, la même proportion de fibrine, plus de globules, un peu moins d'albumine.

2° Plus la constitution est forte, plus le sang renferme de globules; le sang des individus lymphatiques est plus pauvre que le sang des individus sanguins de même âge et de même sexe.

3° Les proportions de matières solides sont plus fortes chez les adultes que chez les enfants et chez les vieillards.

M. Denis tire de ses expériences les conclusions suivantes :

De 2 à 3 semaines jusqu'à 5 mois environ, la proportion d'eau augmente, la proportion des globules diminue;

De 5 mois à 40 ans, la proportion d'eau diminue et la proportion des globules augmente;

Digitized by Google

De 40 à 70, la proportion d'eau augmente de nouveau, les globules diminuent ;

Dans l'enfance, l'âge mûr et la jeunesse, la proportion d'albumine reste sensiblement la même.

D'après M. Denis, les animaux très jeunes posséderaient un sang plus riche. Voici ses expériences à l'appui.

Sang d'une femme enceinte de 9 mois :

Eau	78,10
Fibrine	0,24
Albumine	5,00
Globules	14,07
Matières extractives, sels, etc.	2,59
	100,00

Sang placentaire fourni par le cordon :

Eau	70,15
Fibrine	0,22
Albumine	5,00
Globules	22,40
Sels, matières extractives, etc.	2,25
	100,00

Il suppose que le sang du nouveau-né présente à peu près la même composition que le sang placentaire, ce qui est possible à la rigueur, tant que l'enfant reste coloré. Mais, comme on ne peut pas analyser ce sang, il a fait l'expérience en comparant le sang de quelques chiens.

Le sang a été pris successivement sur la jugulaire interne et la carotide primitive gauches en un instant si court, que la première saignée ne put influer sur la nature de la seconde. Le chien avait 5 mois.

Sang artériel.		Sang veineux.	
Eau	83,00	Eau	83,00
Fibrine	0,25	Fibrine	0,24
Albumine	5,70	Albumine	5,86
Globules	9,95	Globules	9,70
Sels, etc.	1,10	Sels, etc.	1,20
	100,00		100,00

Sang extrait des gros vaisseaux de cinq petits chiens nouveau-nés :

Eau	78,00
Fibrine	0,20
Albumine	4,60

Digitized by Google

Globules.....	16,50
Sels, etc.....	0,70
	100,00

Les graisses, l'oxyde de fer, les sels calcaires, n'ont point été séparés dans ces expériences.

Il serait certainement d'un grand intérêt de reprendre ces recherches aujourd'hui, que les principes de l'analyse du sang sont mieux fixés. Nous ne pouvons admettre les conclusions de M. Denis qu'avec réserve, à cause de l'incertitude que ses procédés comportent.

5° Le sang est plus riche en matériaux solides chez les individus bien nourris, que chez les individus peu ou mal nourris; ce principe n'a pas besoin d'être démontré.

4464. L'histoire du sang veineux de l'homme se trouve dans les analyses qui précèdent. Il n'en est malheureusement plus de même, quand on cherche à faire celle du sang artériel; les analyses du sang artériel de l'homme trouvent peu l'occasion de s'effectuer; aussi, allons-nous prendre les renseignements à ce sujet dans d'autres animaux.

Le sang artériel diffère surtout du sang veineux par sa couleur; hors de là, le sang artériel et le sang veineux paraissent se ressembler beaucoup.

L'odeur du sang artériel semble toujours un peu plus forte que celle du sang veineux.

La température du sang artériel paraît être un peu plus élevée que celle du sang veineux; la différence peut aller de 1 à 1;5, et 2°, d'après Scudamore, Krimer, Davy, Schmeuker; mais, selon quelques observateurs, Coleman, Cooper et Martini, elle lui serait inférieure, au contraire, comme si l'évaporation que l'air détermine à la surface du poumon, et la chaleur absorbée par l'air qui s'échauffe en le traversant, eussent équilibré et au-delà les résultats dus à la combustion du sang.

Boissier et Hamberger trouvent le sang artériel plus dense que le sang veineux.

En général, le sang artériel a plus de tendance à se coaguler que le sang veineux.

Voyons maintenant comment les matériaux varient dans les deux espèces de sang.

Le sang artériel et le sang veineux ne peuvent guère différer l'un de l'autre d'une manière bien notable. En effet, si l'on prenait le sang veineux dans l'artère pulmonaire et

Digitized by Google

le sang artériel dans la veine pulmonaire, ces deux liquides ne pourraient guère différer l'un de l'autre. Si le sang veineux perd de l'eau par le contact de l'air qui s'en sature dans le poumon, cette évaporation est peu de chose. Si une partie des phénomènes de combustion qui se passent dans le sang s'accomplit dans le poumon même, le sang veineux perd une partie de ses matériaux solides en même temps qu'il perd de l'eau, ce qui tend à se compenser.

Cependant, si la théorie de Lagrange est juste, la respiration ne donnant lieu dans le poumon qu'à un simple phénomène d'évaporation, le sang artériel doit contenir un peu plus de matériaux solides que le sang veineux.

En prenant la précaution d'opérer des saignées légères sur des animaux forts, et, en outre, en recueillant les deux sangs simultanément, on trouve, en effet, que la proportion d'eau est sensiblement plus forte dans le sang veineux que dans le sang artériel.

	Sang artériel,		Sang veineux.		Observateurs.
	Matières fixes.	Eau.	Matières fixes.	Eau.	
Brebis. . .	17,07	82,93	16,36	83,04	Dumas et Prévost.
Chat. . . .	17,65	82,35	17,41	82,59	
Chat. . . .	19,62	79,38	19,08	80,92	
Mouton . .	17,07	82,93	16,36	83,64	
Cheval. . .	21,62	78,38	20,43	79,57	Lecanu.
Cheval. . .	21,45	78,55	19,55	80,45	

D'après M. Denis, les deux espèces de sang auraient sensiblement la même composition ; tandis que, d'après le docteur Letellier, ces proportions seraient variables; car il a obtenu sur un mouton :

	Sang artériel.		Sang veineux.	
	Matières fixes.	Eau.	Matières fixes.	Eau.
1re expérience	17,57	82,45	18,26	81,14
2e —	14,57	85,45	13,81	86,19
3e —	19,12	80,88	17,72	82,28

Ces résultats contradictoires s'expliqueraient, si l'observation faite par M. Schulze se confirmait. Cet observateur a trouvé, en effet, que le sang artériel des chevaux à jeun ne contenait que 15,5 pour 100 de matières fixes; tandis que leur sang veineux en renfermait 18,6 p. 100. Un cheval bien nourri, au contraire, lui a fourni 22,9 p. 100 de matières fixes dans le sang artériel, et 19,5 seulement dans le sang veineux.

MM. Héring et Franz Simon trouvent moins de matériaux fixes dans le sang artériel que dans le sang vei-

Digitized by Google

neux. Ainsi, d'après M. Hering, le sang de quelques herbivores renferme :

	Bœuf.		Mouton.		Cheval.	
	Artér.	Vein.	Artér.	Vein.	Artér.	Vein.
Eau	79,89	79,49	85,02	84,12	83,95	83,16
Fibrine	0,76	0,66	0,61	0,53	0,46	0,69
Albumine	2,61	2,58	3,36	2,64	2,20	2,67
Globules	16,47	17,04	10,61	12,44	13,09	13,11
Matières extractiv. et sels	0,26	0,23	0,40	0,27	0,30	0,37

Voici maintenant deux analyses plus complètes, faites par F. Simon.

Cheval souffrant du malleus humidus,

	Sang de la carotide.	Sang de la jugulaire.
Eau	760,08	757,35
Fibrine	11,20	11,35
Graisses	1,86	2,29
Albumine	78,88	85,88
Globules	136,15	128,70
Hématosine	4,87	5,17
Matières extractives et sels.	6,96	9,16

Cheval maigre, tué pour cause de vieillesse.

	Sang de la carotide.	Sang de la jugulaire
Eau	789,39	786,50
Fibrine	6,05	5,08
Graisses	1,32	1,46
Albumine	113,10	115,35
Globules	76,40	78,04
Hématosine	3,64	3,95
Matières extractives et sels.	10,00	10,82

Presque tous les auteurs sont d'accord sur un point : c'est qu'il y a plus de fibrine dans le sang artériel que dans le sang veineux. D'après Prévost et Dumas, Denis et Lecanu, le sang artériel est plus riche en globules. D'après Letellier, les globules seraient variables dans ces deux sangs. Voici ce qu'il a trouvé sur un mouton :

	Sang artériel.			Sang veineux.		
	1re Analyse.	2e Anal.	3e Anal.	1re Anal.	2e Anal.	3e Anal.
Eau	824,3	854,3	808,8	811,4	861,9	822,8
Globules	97,3	72,0	121,2	113,0	63,5	106,4
Albumine	78,4	73,7	70,0	75,6	74,6	71,1
	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

4465. S'il y a quelques doutes sur les différences qui peuvent exister entre le sang veineux et le sang artériel

Digitized by Google

d'un même animal, on conçoit qu'il en existe bien davantage, quand il s'agit du sang des capillaires, qui est un mélange de ces deux espèces de sang, et qui peut contenir plus ou moins de l'un ou de l'autre, d'après la nature des vaisseaux qui se rencontrent dans les régions où le sang a été pris. M. Pallas a examiné le sang extrait par pression de sangsues qui l'avaient sucé à l'épigastre; il l'a trouvé plus riche en matières coagulables, que le sang des veines ou des artères. Il a été conduit au même résultat par le sang fourni en scarifiant la peau. M. Denis a analysé ce sang; il le trouve identique au sang veineux.

4466. M. Prévost et moi nous avons trouvé le sang de la veine-porte plus pauvre en matériaux solides que la moyenne du sang veineux normal :

	Sang de la veine-porte d'un supplicié.	Moy. du sang vein. pris au bras.
Eau	801,4	789,9
Albumine et sels solubles	84,4	80,9
Globules	114,2	129,2
	1000,0	1000,0

Voici, à ce sujet, les analyses de F. Simon, faites sur du sang provenant de deux chevaux, dont il aurait analysé le sang; je mets dans le tableau suivant, les résultats en regard.

I.	Sang artériel.	Sang veineux.	Sang de la veine-porte.	Sang des vein. du foie.
Eau	760,08	757,35	724,97	
Fibrine	11,20	11,35	8,37	
Matières grasses	1,86	2,29	3,18	
Albumine	78,88	85,88	92,40	
Globules	136,15	128,70	152,29	
Hématosine	4,87	5,18	6,60	
Mat. extr. et sels	6,96	9,16	11,88	
II.				
Eau	789,39	786,51	815,00	814,0
Fibrine	6,05	5,08	3,29	2,65
Matières grasses	1,32	1,46	1,85	1,41
Albumine	113,10	115,35	92,25	103,20
Globules	76,40	78,04	72,69	57,13
Hœmatosine	3,64	3,95	3,90	2,00
Mat. extr. et sels	10,00	10,82	11,62	1 ,31

Dans une analyse, il a séparé les principes colorants du sang de la veine-porte, et il a obtenu :

Digitized by Google

Eau	801,50
Fibrine	6,20
Matières grasses	2,70
Albumine	90,00
Globules	75,60
Hématosine	5,40
Hémaphæïne	1,80
Mat. extr. avec de l'hémaphœïne et sels	14,40

Autre analyse comparative, qu'il donne sans noter les circonstances de la provenance du sang :

	Veine-porte.	Sang des veines du foie.
Eau	738,00	725,00
Fibrine	3,50	2,50
Matières grasses	1,97	1,56
Albumine	114,66	130,00
Globules	116,36	112,00
Hœmatosine	4,92	4,42
Hœmaphæine	1,47	1,04
Mat. extract. et sels	16,24	17,16

Voici, enfin, les expériences de M. Schulz, sur le sang de la veine porte, comparé au sang artériel et veineux des mêmes animaux.

NATURE DES PRODUITS.	SANG ARTÉRIEL.	SANG VEINEUX.	DE LA VEINE PORTE.
1° *Matériaux solides du sang de cheval.*			
Cheval à jeun, moyenne de 3 expériences	15,56	18,60	16,90
Cheval nourri	22,91	19,5	20,30
2° *Fibrine.*			
Moyenne de 3 expériences	1,04	1,09	0,92
3° *Albumine.*			
Chevaux à jeun	9,86	7,96	8,16
Chevaux nourris	11,14	11,25	9,67
4° *Globules.*			
Chevaux à jeun	4,65	9,21	8,74
Chevaux nourris	10,21	6,95	10,53
5° *Matières grasses du résidu solide.*			
Chevaux. — Moyenne de 4 expériences	0,92	0,83	1,66

D'après Simon et Schulz, le sang de la veine-porte pos-

Digitized by Google

sède une couleur plus foncée que le sang veineux ordinaire; d'après Schulz, surtout, celui des chevaux à jeun, agité avec de l'air ou de l'oxygène, ne se colore pas aussi vivement que le sang veineux ordinaire; plus sa couleur originaire est foncée, plus il offre de résistance à se colorer sous l'influence de ces gaz.

Il se coagule moins facilement que le sang veineux ou artériel; son caillot est beaucoup moins consistant et disparaît en partie ou même en entier, après un repos de douze à vingt-quatre heures. La fibrine qui s'en sépare par le battage, ne se réunit pas en filaments aussi fermes que celle du sang artériel ou du sang veineux ordinaire.

4467. M. F. Simon a fait l'analyse du sang des règles recueilli à une époque où il ne contient plus de débris d'épithélium. Ce sang ne se coagulait pas; il contenait un peu de mucus vaginal, n'était pas gâté et ne possédait pas d'odeur repoussante. Il contenait :

Eau	78,50
Matières grasses	0,26
Albumine	7,65
Globules	14,04
Matières extractives et sels	0,86

Le sang des règles paraît être un mélange de sang artériel et de mucosités; il est d'un rouge obscur, ne se coagule pas à la façon du sang artériel ou veineux, mais présente de gros grumeaux mous qui se rassemblent au fond des vases; il se forme cependant un sérum, à sa surface; on distingue des glaires parmi les grumeaux; son odeur est particulière, nauséabonde et très forte.

4468. Le sérum contient tous les matériaux solubles du sang; c'est une solution saturée de tous les principes solubles que l'économie met en présence du sang. A ce titre, on y remarque la présence des carbonates, phosphates et sulfates alcalins, et surtout celle du sel marin, qui, du reste, est plus abondant chez l'homme que dans le sérum du bœuf.

D'après Berzélius, le sérum de l'homme contiendrait :

Eau	90,59
Albumine	8,00
Extrait de viande et lactate de soude	0,40
Sel marin	0,60
Albumine modifiée, carbonates et phosphates alcalins	0,41
	100,00

Digitized by Google

Le sérum de bœuf lui a fourni sensiblement les mêmes résultats.

D'après Marcet, on trouve dans le sérum d'homme :

Eau	90,00
Albumine	8,68
Chlorures de potassium et de sodium	0,60
Matières muco-extractives	0,40
Carbonate de soude	0,65
Sulfate de potasse	0,35
Phosphates terreux	0,60
	100,00

D'après Lecanu, le sérum du sang de l'homme renferme :

	1re Anal.	2e Anal.
Eau	90,60	90,10
Albumine	7,80	8,12
Matières extractives	0,38	0,46
— grasses	0,22	0,34
Chlorures de potassium et de sodium	0,60	0,55
Carbonate, Phosphate, Sulfate de soude	0,21	0,20
Carbonate, Phosphate de chaux et de magnésie	0,09	0,09
Perte	0,10	0,14
	100,00	100,00

D'après Prévost et moi, le sérum laisserait 10 pour 100 de matières fixes; d'après M. Lassaigne cette quantité ne s'élèverait qu'à 9 p. 100.

Quoi qu'il en soit, il demeure évident que le sérum varie dans sa composition avec l'état physiologique ou pathologique de l'individu qui a fourni le sang. S'agit-il d'un sérum obtenu sous l'influence de la digestion, on y voit dominer la matière grasse, au point qu'il en devient lactescent, si l'animal s'est nourri d'aliments gras. Nous y verrons figurer de même, à dose plus ou moins élevée, les matières colorantes de la bile, le sucre de diabète, etc.

Aussi, nous garderons-nous d'adopter pour le moment, d'une manière absolue, une opinion qui tend à s'établir, et qui nie la présence des lactates admis dans le sérum par M. Berzélius.

4469. MM. Becquerel et Rodier viennent de publier des analyses du sang dans divers cas pathologiques. Nous en résumons ici les résultats.

Digitized by Google

Composition du sang dans les maladies, d'après MM. Becquerel et Rodier.

NATURE DE LA MALADIE.	DENSITÉ DU SANG DEFIBRINÉ.	DENSITÉ DU SÉRUM.	MATÉRIAUX ORGANIQUES DE 1000 PARTIES DE SANG.										COMPOSITION DES CENDRES DE 1000 PARTIES DE SANG.			
			Eau.	Globules.	Albumine.	Fibrine.	Matières extractives et sels.	Matières grasses	Séroline.	Matière phosphorée.	Cholestérine.	Savon.	Chlorure de sodium.	Sels solubles.	Phosphates.	Fer.
Pléthore. { hommes	1059	1029	780.4	138	72.3	2.4	6.3	1.555	variable.	0.483	0.088	1.014	3.7	2.9	0.341	0.547
Pléthore. { femmes	1058.3	1028.8	784	131.5	75.1	2.1	5.8	2 150		0.673	0.114	0.138	3.5	2 8	0.334	0.544
Phlegmasies. { hommes	1056.3	1027	791.5	128	66	5.8	7	1.724	0.020	0.602	0.136	0.984	3.1	2.4	0.448	0.490
Phlegmasies. { femmes	1054.5	1028.8	801	118.6	65.5	5.7	7.2	1.669	0.024	0.601	8.130	0.914	3.0	2.7	0.344	0.490
Fièvre typhoïde	1054.4	1025.4	797	127.4	64.8	2.8	6.3	1.773	variable.	0.471	0.089	1.093	2.9	2.5	0.497	0.565
Fièvre éphémère	1056.8	1025.5	781.7	142.4	65.7	2.8	5.8	1.770	variable.	0.563	0.112	1.005	2.7	2.8	0.321	0.569
Pleurésie	1055	1026	738.6	120.4	65.4	6.1	7.6	1.905	variable	0 703	0.182	1.020	3.0	2.0	0 478	0 461
Pneumonie	1052.6	1025	801	122.5	61.1	7.4	6.4	1.687	variable.	0.504	0.101	1 062	2.8	2.7	0.308	0.423
Bronchite aiguë { hommes	1056.7	1027.1	793.7	129.2	64.9	4.8	5.8	1 621	variable.	0.479	0.169	0.952	3.2	2.9	0 346	0.513
Bronchite aiguë { femmes	1056.6	1027.7	803.4	115.3	68.8	3.5	7.3	1.751		0.600	0.072	1.059	3.3	2.8	0 309	0.479
Rhumatismes aigus	1055.5	1025.8	789.9	118.7	66.9	5.8	8.1	1.647	variable.	0.479	0.147	1.000	3.5	2.5	0.445	0.458
Chlorose	1045 8	1038.1	828.2	86	72.1	3 4	8.8	1.503	variable.	0.541	0.054	0.888	3.1	2.3	0.441	0.319
Tubercules pulmonaires { hommes	1056.7	1028	794.8	125	66.2	4.8	7.7	1.554	variable.	0.591	0.034	0.809	3.3	2.7	0 493	0.490
Tubercules pulmonaires { femmes	1055.4	1028 2	796.8	119.4	70.5	4	7.6	1.739		0.601	0.082	1.011	3.1	2.5	0.302	0.484
Syphilis constitutionnelle	1060.1	1028.5	777	138.1	71.6	2.23	9.8	1.830	0.027	0.640	0.115	0.972	3 4	2.7	0.292	0.586

Digitized by Google

En comparant ces analyses avec celles du sang normal, on remarque des différences assez notables et portant surtout sur les globules et sur la fibrine.

Le chiffre des globules paraît s'abaisser dans toutes les maladies ; et MM. Becquerel et Rodier regardent cet abaissement comme une conséquence et un caractère constant de l'état de maladie, et l'attribuent en partie à l'influence de la diète. On peut voir, cependant, que dans la pléthore sanguine, contrairement à ce qu'on avait admis, le rapport des globules aux autres matériaux du sang n'est nullement changé. L'anémie, au contraire, est caractérisée non-seulement par la diminution de la masse totale du sang, mais encore par un abaissement notable du chiffre des globules.

Quant à la fibrine, les variations que subit ce principe sont très-considérables et ont lieu, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Dans les phlegmasies, comme l'ont si bien établi MM. Andral et Gavarret, le chiffre de la fibrine augmente dans une proportion remarquable. Les expériences de MM. Becquerel et Rodier confirment complétement ce fait si important pour l'histoire générale des maladies, et établissent, en outre, que l'augmentation de la fibrine coïncide avec une diminution notable de l'albumine et une augmentation du chiffre de la cholestérine.

MM. Becquerel et Rodier admettent que la fibrine diminue dans les fièvres graves et dans les fièvres intermittentes, ainsi que dans certains états morbides, provoqués, comme le scorbut, par l'influence d'une alimentation malsaine et insuffisante. Chose remarquable, la proportion de la fibrine ne varie pas dans le sang à la suite de saignées répétées ; ce qui diminue, ce sont les globules. On comprend, en effet, que le sang appauvri puisse puisse reproduire au dépens de son albumine ou reprendre instantanément aux organes la fibrine dont il tend à se saturer, tandis que la réparation des globules exige un travail d'organisation moins facile.

Lorsqu'une sécrétion est supprimée, les matériaux que l'organe secréteur est chargé, à l'état normal, d'éliminer du sang peuvent se concentrer dans ce liquide. C'est ainsi que dans l'ictère avec rétention de bile et décoloration des fèces, MM. Becquerel et Rodier ont constaté, dans le sang, une augmentation notable de la cholestérine.

Digitized by Google

Quant à l'albumine du sérum, elle diminue d'une manière notable dans la maladie de Bright et dans certaines maladies du cœur compliquées d'hydropisie.

4470. MM. Andral et Gavarret étaient déjà arrivés, sur ce sujet, à des résultats importants, que j'ai arrangés sous forme de tableaux ,et qui se résument dans les préceptes suivants :

1° Les principes organiques ne diminuent pas simultanément; ils s'isolent complétement dans leur mouvement de diminution ou d'accroissement, comme le prouvent les tableaux.

2° Le sang, dans une maladie principale qui se complique d'une maladie secondaire, donne à l'analyse des chiffres qui représentent ces deux maladies.

3° Quand les phénomènes d'exaspération et d'amendement se présentent dans le cours d'une maladie, l'analyse le montre toujours. Ce fait est surtout frappant dans les analyses du tableau 4, pour la maladie de Bright. On le retrouve partout dans le tableau détaillé du mémoire cité.

4° La diète, les pertes de sang, agissent surtout dans le chiffre des globules, qui diminue quel que soit le genre d'affection; les matériaux solides du sérum diminuent, mais la fibrine ne semble pas être dans ce cas.

Digitized by Google

N° 1. *Maladies dans lesquelles la fibrine augmente.*

MALADIES.	Malades.	Saignées.	Fibrine.	Globules.	Matériaux solides du serum.	Eau.	SERUM. Matériaux organiques.	SERUM. Matériaux inorganiques.	SERUM. Nombre des saignées dans lesquelles on a dosé ces matériaux.
Rhumatisme articulaire aigu	14	43	6,6	101,6	86,1	865,5	79,3	6,8	22
Id. id. subaigu et chronique	10	20	3,8	108,2	95,3	792,7	89,0	6,3	7
Pneumonie	21	58	7,8	113,0	81,5	797,7	75,0	6,5	42
Bronchite capillaire aiguë	6	9	6,6	123,9	76,6	792,9	69,7	6,9	3
Bronchite chronique avec emphysème pulmonaire	4	5	3,0	121,2	83,0	792,6	76,3	6,7	3
Pleurésie	12	15	4,8	110,5	86,8	796,4	78,9	7,4	11
Péritonite aiguë	4	8	5,0	99,0	85,2	810,8	77,7	7,5	7
Amygdalite	4	6	5,5	105,3	91,9	797,3	85,1	6,8	5
Érisypèle	5	8	5,9	99,2	88,2	806,7	81,6	6,6	8
Tubercules pulmonaires	21	22	4,4	100,5	85,4	809,7	79,0	6,4	11
Phlegmasies divers. (Voyez f° 266, *Ann. de Ch. et Phys.* T. 75). On ne cite qu'un cas d'un homme qui avait tous les signes d'une inflammation de la vessie.	»	»	5,4	111,4	97,4	785,8	»	»	»

N° 2. *Maladies dans lesquelles la fibrine reste en quantité normale ou diminue en même temps que les globules restent aussi en quantité normale ou augmentent.*

MALADIES.	Maladies.	Saignées.	Fibrine.	Globules.	Matériaux solides du serum.	Eau.	SERUM. Matériaux organiques.	SERUM. Matériaux inorganiques.	SERUM. Nombre des saignées dans lesquelles on a dosé ces matériaux.
Prodromes des fièvres continues.	6	9	2,4	135,6	89,4	772,9	82,4	6,7	4
Fièvres continues simples.	5	10	3,6	106,5	88,1	801,8	80,6	7,5	7
Fièvres continues compliquées dans leur cours d'une phlegmasie.	6	11	3,5	116,8	86,7	793,0	80,2	6,5	5
Fièvre typhoïde.	20	50	2,7	115,7	81,8	799,8	75,3	6,5	19
Variole.	5	12	2,9	109,2	90,8	797,1	83,8	7,0	2
Varioloïde.	»	»	2,3	120,3	91,6	785,6	»	»	»
	»	»	2,4	125,8	88,7	782,1			
Rougeole.	7	9	2,8	127,2	80,4	789,6	73,7	6,7	4
Scarlatine.	5	»	3,1	146,0	89,4	761,5	»	»	»
			3,3	136,0	84,1	776,3			
Fièvre intermittente.	6	7	3,4	104,3	99,6	811,7	74,0	6,6	4
Congestion cérébrale.	15	21	2,7	119,5	89,7	788,1	83,4	7,3	13
Hémorrhagie cérébrale.	7	5	2,9	136,2	81,1	780,8	74,7	6,4	3

Digitized by Google

N° 3. *Maladies dans lesquelles les globules du sang sont spontanément diminués.*

MALADIES.	Malades.	Saignés.	Fibrine.	Globules.	Matériaux solides du sérum.	Eau.	SÉRUM. Matériaux organiques.	SÉRUM. Matériaux inorganiques.	Nombre des saignées dans lesquelles on les a dosés.
Chlorose commençante	5	8	3,5	106,6	88,7	801,0	82,4	6,3	4
Chlorose confirmée	9	12	3,7	95,5	86,5	850,3	79,3	7,2	4
Chlorose chez un homme	1	3	3,6	84,0	92,1	820,3	85,0	7,1	1

N° 4. *Maladies dans lesquelles l'albumine du sérum est diminué.*

	Fibrine.	Globules.	MATÉRIAUX SOLIDES DU SÉRUM. organiques.	MATÉRIAUX SOLIDES DU SÉRUM. inorganiques.	Eau.	OBSERVATIONS.
1er cas	1,6	126,6	61,5	7,6	801,7	
2e cas	2,3	61,6	60,8	7,6	867,6	
3e cas. — 1re saignée	3,2	82,4	57,9	6,9	849,6	Les ganglions lymphatiques du cou sont enflammés, mais l'urine ne contient plus d'albumine.
2e saignée	3,0	88,2	66,0	6,7	836,1	
3e saignée	4,0	71,0	72,0	6,9	845,9	

Digitized by Google

En consultant les travaux qui précèdent, il ne faut pas oublier que si des moyennes suffisent pour le chimiste, il n'en est pas de même pour le physiologiste et surtout le médecin, qui a plus d'intérêt à analyser chaque cas particulier, soit parce que les complications de la maladie principale jettent du trouble dans certains chiffres, soit qu'il veuille se rendre un compte exact des changements qui surviennent dans les diverses phases de ces maladies.

Voici un exemple curieux, rapporté par MM. Andral, Gavarret et Delafond, dans leur travail sur le sang des animaux.

On pratique 7 saignées de 6 kil., à vingt-quatre heures d'intervalle, sur un cheval âgé de 14 ans, hors de service et destiné à être abattu, dans le but de reconnaître les altérations que le sang peut en éprouver. Voici les résultats des analyses :

	1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e
Fibrine	3,1	3,5	3,0	3,2	4,3	5,2	7,6
Globules	104,0	97,0	85,5	64,1	51,3	44,5	38,3
Mat. solid. du sérum.	90,8	84,4	73,7	60,9	59,6	59,1	601,
Eau	802,1	815,1	837,8	871,8	884,8	891,2	8940,

La fibrine, qui reste stationnaire dans les quatre premières saignées, augmente tout à coup dans les trois dernières; c'est qu'il s'était développé une pneumonie dans le cours de l'expérience, et que la diminution des globules résultant de la saignée, coïncide avec l'augmentation de la fibrine résultant de l'état inflammatoire produit par la pneumonie.

On pratique à un autre cheval, ayant déjà une pneumonie, 4 saignées de 6 kil. à vingt-quatre heures d'intervalle; il meurt après la 4e.

	1re	2e	3e	4e
Fibrine	8,1	8,9	8,3	7,6
Globules	85,5	72,7	58,8	48,5
Mat. sol. du sérum.	96,8	92,5	86,2	80,4
Eau	809,6	825,9	846,7	863,5

Dans celui-ci, on voit le chiffre de la fibrine demeurer stationnaire en présence de la diminution des globules.

4471. *Sang d'une femme atteinte de melæna.* Le sang était épais, presque noir, et ne possédait qu'à un degré peu prononcé l'odeur des matières fécales; les acides

Digitized by Google

avivaient sa couleur; la potasse en dégageait de l'ammoniaque; il ne se coagulait pas complétement par la chaleur; il ne se coagulait pas spontanément et ne contenait pas de fibrine; on n'y reconnaissait plus la forme des globules du sang; mais seulement des particules informes, jaunes, nageaient dans un liquide clair; l'extrait alcoolique contenait beaucoup de graisse, et possédait une saveur amère. Le résidu sec dégageait de l'ammoniaque par la chaleur. Il renfermait :

Eau.....	886,2
Graisses colorées en brun.....	9,0
Albumine.....	39,8
Globules.....	36,5
Hématine.....	3,0
Hémaphæine.....	2,2
Extrait alcoolique et sels.....	9,6
Extrait aqueux et sels.....	10,3

4472. *Sang diabétique.* Il a régné dans la science un assez long désaccord sur la constitution du sang des malades attaqués de diabète. Le docteur Rollo avait annoncé que le sang dans cette maladie renferme une quantité appréciable de sucre. Plus tard, néanmoins, Nicolas et de Gueudeville, Vauquelin, Ségalas, Wollaston, Henry fils et Soubeiran, n'en purent point découvrir.

M. Bouchardat a reconnu qu'on trouve le sucre dans le sang, quand celui-ci est pris peu de temps après le repas, quoique plus tard il puisse en disparaître entièrement. M. F. Simon a confirmé cette observation.

Voici les analyses connues de quelques sangs diabétiques :

	Bouchardat.	Henry fils et Soubeiran.	Lecanu.	
Eau.....	808,7	816,	848,3	
Fibrine.....	1,9	2,4		
Albumine.....	62,5	55,4	58,4	
Globules.....	118,2	120,3	85,1	Fibrine et globules.
Mat. extr. et sels..	8,5	5,5	8,0	

Ces analyses tendent à faire envisager le sang du diabétique comme étant sensiblement normal, sous le rapport

Digitized by Google

de la quantité de fibrine, et comme renfermant moins de globules et moins d'albumine que le sang ordinaire. Elles ont été faites sur le sang non sucré.

Müller donne l'analyse suivante, qui conduirait à des résultats tout opposés, mais qui semble peu digne de confiance :

Eau	681,0
Fibrine	4,4
Matières grasses	9,0
Albumine	119,2
Globules	140,2
Matières extractives	3,8
Sels	22,3
Sucre	11,2

Voici quelques analyses de M. F. Simon.

Eau	794,6	789,4	802,0
Fibrine	2,4	2,3	2,0
Matières grasses	2,0	3,6	2,2
Albumine	114,5	86,0	97,4
Globules	66,3	98,3	74,3
Hématine	5,4	5,1	3,7
Sucre	2,3	Traces.	Traces.
Matièr. extr. et sels	9,	14,9	12,6

Voici, enfin, l'analyse du sérum du sang d'un diabétique, d'après M. Rech :

Eau	908,3
Albumine	80,3
Matières grasses	0,9
Sucre	1,8
Extrait alcoolique et urée	2,2
Albuminate de soude	0,8
Sels	4,4.

4473. *Sang des ictériques.* Les chimistes qui ont examiné le sang des ictériques sont arrivés à des résultats opposés : les uns croient que ce sang contient les principes de la bile (Orfila, Clarion); et cependant MM. Thénard et Lassaigne n'ont pu les découvrir ni dans le sang humain, ni dans le sang d'un cheval attaqué d'ictère!

Digitized by Google

M. Chevreul a rencontré dans le sang des enfants attaqués d'ictère et d'induration du tissu cellulaire des principes colorants, rouge orangé, vert et bleu, qui lui ont paru offrir les propriétés des matières colorantes de la bile.

M. Thénard a fait l'analyse du sang d'un animal dans les veines duquel on avait injecté de la bile, mais il n'a pu en retrouver les principes dans ce liquide : ce qui conduirait à conclure que les matières de la bile seraient bientôt altérées ou modifiées dans le courant de la circulation.

Tous les observateurs s'accordent à signaler dans le sang des ictériques des matières colorantes analogues à celles qui se trouvent dans la bile.

Les analyses du sang ictérique tendent d'ailleurs à démontrer une diminution notable des globules.

D'après M. Lecanu, il renferme en effet;

	1er cas.	2e cas.
Eau	828	830
Albumine	76	65
Sels, matières grasses et extractives	14	8
Globules et fibrine	76	97

Suivant M. Denis, on y trouve :

Eau	815,0
Albumine	53,5
Fibrine	9,5
Sels neutres fixes au feu	4,5
Soude	1,5
Autres sels	2,0
Substances grasses neutres	6,0
Substances colorantes	14,6
Globules	95,9

Enfin, d'après M. Simon, on y rencontre :

Eau	770,0
Fibrine	1,5
Matières grasses	2,6
Albumine	126,5
Globuline	72,6
Hématine	4,8
Hémaphéine et biliphéine	2,6
Matières extractives et sels de la biliphéine	16,5

Digitized by Google

4474. *Sang des cholériques.* Le sang des cholériques est remarquable par sa grande plasticité; il a l'aspect de la gelée de groseille, et sa séparation en sérum et caillot ne se fait que très-imparfaitement.

Au point de vue chimique, il se caractérise surtout par l'abondance de ses matériaux organiques fixes, par la présence d'une quantité notable d'urée et la diminution de la soude.

Voici, d'après M. Lecanu, le rapport de l'eau et des matières solides dans ce sang :

	1er	2e	3e	4e
Eau.....	660	749	480	690
Matières fixes.....	340	251	520	330

Voici, d'ailleurs, une analyse plus complète du sérum du sang d'un cholérique, par O. Schaughnessy :

Eau.....	854.0
Albumine.....	133.0
Urée.....	1.4
Matières grasses.....	1.4
Chlorures de potas. et sodium.....	4.0
Sulfates et chlorures.....	1.6
Matières extractives.....	4.8

MM. Reny, Marchand et F. Simon, ont aussi rencontré l'urée dans ce sang.

4475. *Sang dans les affections du cœur.* Dans ces affections, le sang offre une diminution remarquable dans le poids des globules. On peut en juger par les analyses suivantes, dues à M. Lecanu : elles ont été faites sur du sang d'homme.

	Eau.	Matériaux solides du sérum.	Globules et fibrine.
1er Cas.....	821.4	77.5	101.3
2e id.....	880.4	77.6	41.9
3e id.....	807.2	96.3	96.3
Moyenne.....	836.2	83.8	79.0

Le même observateur a trouvé dans le sang de femmes atteintes de maladies du cœur :

Digitized by Google

	Eau.	Matériaux solides du sérum.	Globules et fibrine.
1er Cas.....	873.4	86.1	40.4
2e id.....	868.6	79.8	51.4
3e id.....	866.6	89.6	43.7
4e id.....	877.5	77.0	45.4
5e id.....	845.1	85.8	69.0
Moyenne.....	866.2	83.7	50.0

Ces affections, quant à la modification du sang, se placeraient donc à côté de la chlorose.

4476. *Sang laiteux.* Il y a des cas dans lesquels le sang prend un aspect laiteux, dû à de la matière grasse en suspension. On remarque ce phénomène assez souvent dans les saignées de précaution auxquelles les femmes grosses ont recours, et généralement chez des personnes qui, bien portantes d'ailleurs, se font saigner non loin de l'époque du repas et pendant le cours de la digestion. L'état particulier que le sang présente en pareil cas se rapporte surtout au sérum, qui est plus ou moins lactescent, et qui doit cette apparence à la matière grasse qui s'y trouve en suspension.

Voici quelques analyses de la partie séreuse de ce sang :

Zanarelli.		Lecanu.	
Eau.....	905	Eau.....	794
Albumine.....	76	Albumine.....	64
Matière grasse cristallisable.....	4	Savon acide..... Cholestérine (1.08). Oléine..... Margarine..... Stéarine.....	117
Matière grasse incristallisable.....	6		
Extraits et sels.....	10		
		Sels et mat. extractives.	25
		Hématosine.....	traces

Voici une autre analyse d'un sérum laiteux, par Trail :

Eau.....	789
Albumine.....	157
Graisses huileuses.....	45
Sels.....	9

Il est facile de développer un état analogue à celui-là

Digitized by Google

chez les animaux, en les nourrissant de graisse pendant quelques jours. On remarquera que le caillot ne participe pas de l'état gras qu'on observe dans le sérum.

M. Caventou a observé un sang dans lequel la lactescence était due à un état particulier de l'albumine.

4477. *Sang couleur lie de vin.* M. Denis a fait l'analyse du sang qui présentait cette couleur, reconnue déjà par M. Velpeau, à l'autopsie. Il contient :

Eau		80,0
Albumine libre		1,0
Hématosine libre		6,0
Albumine... Hématosine	combinés à l'état solide..	12,0
Sels, etc		1,0

4478. *Sang dans l'albuminurie.* Dans cette affection ordinairement si grave, le sang conserve sa fibrine; mais on voit diminuer rapidement la proportion des globules et celle de l'albumine. Ordinairement, on trouve de l'urée en quantité notable dans le sang des albuminuriques. Voici quelques analyses de ce sang faites par M. Christison :

EAU.	FIBRINE.	GLOBULES.	MATÉRIAUX SOLIDES DU SÉRUM.	OBSERVATIONS.
863,8	2,8	57,4	76,0	
844,1	4,4	57,7	93,8	
808,3	3,0	133,9	54,8	Homme robuste de 55 ans. — Urine très-albumineuse. — Le sérum contient de l'urée.
838,9	2,8	111,1	55,1	
836,3	2,7	104,6	56,4	
835,2	4,3	95,5	75,0	Le sang contient de l'urée.
859,2	8,2	75,5	57,2	Complication de pneumonie et d'anasarque. Le sang
855,3	6,2	56,4	58,1	Le sang contient de l'urée. contient de l'urée.
862,8	3,2	72,1	61,9	idem.
855,5	4,5	42,7	97,3	
862,6	8,5	72,8	56,1	Femme.—Complication de rhumatisme chronique.
857,0	8,6	48,1	58,3	Le sang contient beaucoup d'urée.
841,6	3,4	98,6	63,4	

Digitized by Google

M. F. Simon a également fait quelques analyses pour établir la composition du sang dans l'albuminurie :

Eau.....	830,59	826,89	823,46	839,70
Fibrine.....	7,05	3,06	5,00	3,50
Matières grasses....	2,40	1,86	2,52	2,68
Albumine.....	103,69	109,43	97.01	63,40
Globules.....	40,13	41,30	54,09	71,50
Hématosine	3,81	4,58	5,10	4,91
Matières ext. et sels.	12,35	13,28	12,62	11,38

Tous ces sangs contiennent de l'urée.

M. Simon fait remarquer surtout que le rapport entre les globules et l'hématosine, est beaucoup plus élevé que dans toutes les autres analyses; en effet, ordinairement le rapport est de 4 ou 5 à 96 ou 95, tandis qu'ici il est de 8 et 9 à 91 ou 92.

4479. *Sang purulent.* La présence du pus dans le sang n'est susceptible d'être signalée ni par les procédés chimiques, ni par les caractères microscopiques, lorsque la proportion de pus est très-faible et que son mélange avec le sang est intime.

En effet, les particules du pus offrent la plus grande analogie extérieure avec les grands globules blancs qui se rencontrent dans le sang normal, tantôt en très-faible quantité, tantôt en proportion beaucoup plus considérable, sans que la santé paraisse en souffrir.

4480. *Sang contenant des animalcules.* En examinant au microscope la circulation dans la langue d'une grenouille, j'ai vu avec surprise passer avec les globules du sang un animal vivant, que sa forme générale rapprochait des filaires. Au bout de quelques instants, une nouvelle apparition du même genre ne me laissa plus de doute, et en ralentissant la circulation, je pus voir pendant longtemps l'animal se débattre dans l'un des capillaires compris dans le champ de l'instrument.

MM. Gruby et Delafond ont vu dernièrement, dans un chien, le même phénomène se reproduire d'une manière très-marquée. Tout le sang de cet animal, d'ailleurs bien portant en apparence, était rempli de filaires, qui devaient s'y trouver par milliers, à en juger par cette circonstance, qu'on n'en trouvait pas moins de quatre ou cinq dans chaque goutte de sang.

Digitized by Google

Cette affection est pourtant rare; car on a examiné le sang de bien des grenouilles et de bien des chiens, dans des circonstances favorables à la découverte des filaires, et on ne les a observés que dans ces deux occasions.

SANG DES ANIMAUX.

4481. Dans notre mémoire sur le sang, nous avions, M. Prevost et moi, fait connaître la composition du sang de divers animaux. Nos analyses nous avaien tamenés à conclure qu'il y a des différences essentielles entre eux, en ce qui concerne les proportions des globules. D'après nos déterminations, les oiseaux sont les animaux qui en contiennent le plus; viennent ensuite les mammifères carnivores, puis les mammifères herbivores; les animaux à sang froid sont ceux qui en contiennent le moins.

Comme la température des oiseaux est bien plus élevée que celle des mammifères carnivores, qui à leur tour possèdent une température propre sensiblement supérieure à celle des mammifères herbivores, on peut conclure de cette comparaison qu'il existe un rapport manifeste entre la température d'un animal et la richesse de son sang en globules.

Le tableau suivant contient le résumé de nos expériences. Nous ne séparions pas à cette époque la fibrine et les globules, qui dans ce tableau sont évalués ensemble.

On remarquera avec quelque surprise, dans ce tableau, le chiffre des globules de la tortue, qui se rapproche de celui des oiseaux, quoique fourni par un animal à sang froid. Les anatomistes ont admis, dès longtemps, une analogie entre les chéloniens et les oiseaux, qui semblerait se vérifier dans cette circonstance par un rapprochement inattendu.

De nouvelles expériences sont devenues nécessaires sur la composition du sang des animaux; mais, pour les rendre utiles, il faut pousser plus loin l'étude des matériaux qui le constituent, et les définir avec la précision que l'état de la science comporte.

Digitized by Google

NOM DE L'ANIMAL.	Température du rectum.	Pouls normal par minute.	Respiration normale par minute.	Particules.	Albumine et sels solubles.	Eau.	COMPOSITION DU SÉRUM.	
							Eau.	Albumine.
Pigeon	40°	136	34	1557	469	7974	945	55
Poule	41,5	140	30	1571	630	7799	925	75
Canard	42,5	110	21	1501	847	7652	901	99
Corbeau	»	»	»	1466	564	7970	934	66
Héron	41,0	200	22	1326	592	8082	932	68
Singe	35,5	90	30	1461	779	7760	908	92
Homme	39,0	72	18	1292	869	7839	900	100
Cochon d'Inde	38	140	36	1280	872	7848	900	100
Chien	37,4	90	28	1238	655	8107	926	74
Chat	38,5	100	24	1204	843	7953	904	96
Chèvre	39,2	84	24	1020	834	8146	907	93
Veau (Mélange de sang veineux et de sang artériel.)	»	»	»	912	828	8260	901	99
Lapin	38	120	36	938	683	8379	891	109
Cheval	38,8	56	16	920	897	8183	901	99
Mouton, sang artériel	38	»	»	935	772	8293	915	85
Mouton, sang veineux	»	»	»	861	775	8364	915	85
Truite	»	»	»	638	725	8637	923	77
Lote	»	»	36	481	657	8862	931	69
Grenouille	»	»	20	690	464	8846	950	50
Tortue	»	»	3	1506	806	7688	904	96
Anguille	»	»	»	940	600	8460	900	100

Digitized by Google

1482. Il est clair, d'après ce tableau, que la composition du sang est intimement liée au développement de la chaleur animale, et que celle-ci est surtout en rapport avec la masse des globules en circulation.

Mais on ne doit pas s'attendre, dans une semblable comparaison, à trouver des résultats toujours parfaitement comparables. En effet, la masse du sang dont on ne tient pas compte doit intervenir pour une large part dans les résultats. La rapidité de la circulation et l'énergie de la respiration qui ne sont pas facilement appréciables peuvent aussi les modifier d'une manière essentielle.

En admettant que dans un animal donné, le poids de ses globules, comparé à celui de son corps, puisse faire juger de sa température, les globules étant considérés comme l'agent essentiel de la production de la chaleur, il n'en reste pas moins évident que la proportion d'oxygène consommée par ces mêmes globules ou par leur concours constitue un élément essentiel de la question.

Il ne peut être question ici, pour le moment, que d'un seul de ces points de vue, c'est-à-dire de la masse des globules comparée au poids total du corps.

La masse des globules n'a pas été déterminée jusqu'ici par des expériences convenables. On ne peut la connaître d'une manière certaine qu'en sacrifiant l'animal. Il faudrait, par exemple, saigner à blanc un animal d'un poids connu, et faire ensuite circuler dans ses vaisseaux une dissolution de sulfate de soude qui servirait à en extraire tout le sang; et par conséquent tous les globules qui n'en auraient pas été retirés par la saignée.

On s'est généralement contenté, pour cette appréciation, demeurée jusqu'ici fort vague, d'extraire une portion de sang par une première saignée, de le remplacer par une injection d'eau, et de retirer ensuite une égale quantité de sang par une seconde saignée. Il est clair que si l'on suppose que le sang n'ait rien reçu, si ce n'est l'eau qu'on lui a fournie par l'injection, la quantité d'eau étant connue et la composition du sang avant cette addition l'étant aussi, on peut arriver à connaître la masse totale du sang, et par suite celle des globules.

Les expériences de Valentin, exécutées d'après ce procédé, conduiraient à la conséquence qu'il existe environ un

Digitized by Google

quart ou un cinquième de sang dans un mammifère adulte. Les femelles en renferment moins que les mâles.

Le poids du sang est au poids du corps, d'après ces expériences, : : 1 : 4,3 dans le chien, et : : 1 : 5 dans le lapin.

M. H. Nasse, de son côté, a fait l'analyse du sang d'animaux domestiques; nous donnons ici les moyennes qu'il assigne au sang normal; elles sont fournies, pour chaque animal, par une dixaine d'analyses du sang d'un animal de même espèce.

Il y a dosé les graisses, sauf dans la fibrine dont le chiffre, selon cet observateur, serait, par ce fait, trop élevé ; tandis que, pour les matières grasses, ce serait le contraire qui aurait lieu.

Les expériences de M. Nasse conduisent à conclure que la fibrine est en quantité un peu plus forte dans les animaux que dans l'homme; elle se montre même en général plus élevée dans les herbivores que dans les carnivores. Elle varie de 2 à 5 millièmes du poids du sang.

Les globules sont plus abondants chez les oiseaux et chez les carnivores, quoique ce résultat soit moins marqué que dans nos propres expériences. Ils varient de 9 à 15 pour 100.

L'albumine très-variable, mais plus faible chez les oiseaux que chez les autres animaux, peut descendre à 5 pour 100, et remonter jusqu'à 7.

Quant à la matière grasse, elle est toujours faible, et oscille entre 1,5 et 2,5 pour 1000.

Digitized by Google

Composition du sang normal, d'après H. Nasse.

	HOMME.	CHIEN.	CHAT.	CHEVAL.	BOEUF.	VEAU.	CHÈVRE.	BREBIS.	LAPIN.	COCHON.	OIE.	POULE.
Eau	798,40	790,50	810,02	804,75	799,59	836,71	839,44	827,77	817,90	768,95	814,88	793,42
Globules	116,53	123,85	113,39	117,13	121,87	102,50	86,00	92,42	170,72	145,53	121,45	144,57
Albumine	74,20	65,19	64,46	67,56	66,90	46,41	62,70	68,77		72,87	50,78	48,52
Fibrine	2,23	1,93	2,42	2,41	3,62	5,76	3,90	2,97	3,80	3,95	3,46	4,67
Graisses	1,97	2,25	2,70	1,31	2,04	1,62	0,91	1,61	1,90	1,95	2,57	2,03
Sels solubles	6,67	6,28	7,01	6,82	6,98	7,00	7,05	6,91	6,28	6,75	6,87	6,79
	1000,00	990,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1001,45	1000,00	1000,00	999,81	1000,00

Composition des sels solubles.

	HOMME.	CHIEN.	CHAT.	CHEVAL.	BOEUF.	VEAU.	CHÈVRE.	BREBIS.	LAPIN.	COCHON.	OIE.	POULE.
Phosphates alcalins	0,8234	0,7300	0,667	0,844	0,468	0,957	0,402	0,365	0,637	1,362	1,135	0,945
Sulfate de soude	0,2020	0,1976	0,210	0,213	0,181	0,289	0,265	0,348	0,202	0,189	0,090	0,100
Carbonates alcalins	0,9566	0,7890	0,949	1,104	1,071	1,263	1,202	1,498	0,970	1,198	0,824	0,350
Chlorure de sodium	4,6900	4,4900	5,274	4,659	4,321	3,864	5,176	4,895	4,092	4,281	4,246	5,392
	6,6720	6,2066	7,010	6,820	6,041	7,358	7,045	7,030	5,901	7,030	6,295	6,787

Digitized by Google

4483. Voici les résultats des analyses du sang de quelques animaux domestiques, d'après MM. Andral, Gavarret et Delafond.

NOM DE L'ANIMAL.	Fibrine.	Globules.	Matériaux solides du sérum.	Eau.
Quatre chevaux entiers. Percherons de trait. . .	4,5	104,5	84,3	806,7
Treize chevaux entiers. Percherons de poste . .	3,9	102,3	82,1	811,7
Six bœufs de travail.	3,6	97,4	85,8	813,2
Six vaches laitières.	3,8	101,9	86,8	807,5
Six porcs de 2 à 6 mois, race anglaise	4,6	105,7	80,1	809,6
Deux chèvres	3,2	101,4	91,4	804,0
Six béliers et 25 brebis de races diverses et croisés.	3,0	101,1	82,4	813,5
Quatre agneaux mâles, 1 femelle, espèce mérine, âgés de 3 à 96 heures	2,2	107,3	72,8	817,7
Trois béliers, espèce anglaise, race Dishley. . .	3,0	92,6	94,0	810,4
Dix brebis. Id. Id.	2,6	95,7	91,9	809,8
Seize chiens, diverses races et espèces.	2,1	148,3	75,5	774,1

Il résulte des expériences nombreuses de MM. Andral et Gavarret, que le sang de chaque animal offre une constitution moyenne qui lui est propre.

Que la fibrine est plus abondante chez les carnivores que chez les herbivores; qu'elle est en très-faible proportion chez les nouveaux nés; qu'elle s'abaisse pendant la gestation, et qu'elle remonte après le part.

Les globules présentent leur maximum chez les carnivores, et leur minimum chez les herbivores.

L'albumine du sérum paraît suivre la même loi que les globules.

Le tableau suivant montre, d'ailleurs, que les maladies altèrent le sang des animaux de la même manière que celui de l'homme, et suivant les mêmes lois.

Digitized by Google

Sang pathologique de quelques bêtes ovines, d'après MM. ANDRAL, GAVARRET et DELAFOND.

SEXE.	AGE.	MALADIES.	Malades.	Saignées.	Fibrine.	Globules.	Matériaux solides du sérum.	Eau.
Moutons	5 à 7 ans	Douves dans les canaux biliaires sans complication	11	27	3,1	49,6	61,6	885,7
Moutons	5 à 7 ans	Id. Id. Id. Complication phlegmasique	6	14	7,1	44,4	79,7	868,9
Mouton	6 »	Bronchite aiguë tuberculeuse	»	»	5,2	61,0	109,4	824,4
Bélier	2 »	Tubercules ramollis	»	»	4,4	88,8	101,8	805,0
Mouton	5 »	Pneumonie lobulaire	»	»	4,6	66,6	50,5	878,3
Mouton	6 »	Abcès pulmonaire tuberculeux	«	»	6,2	64,5	106,7	822,6
Mouton	7 »	Kyste pulmonaire suppuré	»	»	4,3	83,0	83,7	829,0
Bélier	1 »	Entérite aiguë	»	»	6,0	100,7	96,6	796,7
Brebis	4 »	Métrite aiguë	»	»	6,3	100,4	85,4	807,9
Brebis	1 »	Congestion pulmonaire	»	»	3,0	101,4	82,4	813,2
Brebis	2 »	Tuberculose pulmonaire	»	»	4,0	87,6	85,6	822,8
Mouton	4 »	Péritonite chronique	»	»	3,2	58,8	52,2	886,8

PHLEGMASIES DIVERSES

Digitized by Google

4484. Nous terminerons ce chapitre en indiquant quelques-unes des sources relatives à l'histoire chimique du sang.

ROUELLE, *Journ. de médecine*, 1773 et 1776.
BUQUET, *Dictionnaire de Macquer*.
PARMENTIER et DEYEUX, *Journ. de physique*, 1794.
WELLS, *Phil. Trans.*, 1797.
FOURCROY, *Ann. de chim.*, t. VII, p. 146.
VAUQUELIN, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 1, p. 9, et XVI, p. 368.
BERZÉLIUS, *Chimie animale*, 1806-1808. — *Ann. de chim. et de phys.*, t. V, p. 42.
BRANDE, *Philos. Trans.*, 1812, p. 90.
PREVOST et DUMAS, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVIII, p. 280, et t. XXIII. p. 52.
ENGELHARDT, *Katsn. Arch.*, t. VI, p. 337.
CAVENTOU, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXIX, p. 2, et t. XXXIX, p. 288.
H. ROSE, *Ann. de chim et de phys.*, t. XXXIV, p, 268.
DENIS, *Journ. de physiologie*, t. IX, p. 218.-- *Recherches expérimentales sur le sang humain*. Paris, 1830.
LECANU, *Ann. de chim. et de phys*, t. XLVIII, p. 308, et t. LXVII, p. 54. — *Journ. de pharmacie*, t. XXI, p. 285 et 645.
BOUDET, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LII, p. 337. — *Journ. de pharmacie*, t. XIX, p. 294.
MAGNUS, *Ann. de chim. et de phys.*, LXV, p. 169.
GAY-LUSSAC, *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XI, p. 1.
ANDRAL et GAVARRET, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXXV, p. 225.
ANDRAL, GAVARRET et DELAFOND, *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. V, p. 304.
BECQUEREL et RODIER, *Recherches sur la composition du sang*. Paris, 1844.

Relativement à l'étude microscopique du sang, on peut consulter encore le mémoire de Hewson, ou les ouvrages récents de MM. Donné, Mandl et Henle.

Digitized by Google

CHAPITRE V.

URINE.

ROUELLE jeune.

SCHEELE.

FOURCROY et VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, t. XXXI et XXXII, et *Ann. du Muséum d'histoire naturelle, Mémoires de l'Institut*, t. II, p. 431.

CRUIKSHANK, *Rollo on diabetes mell.* London, 1797.

WOLLASTON, *Phil. Trans.*, ann. 1797 et 1810.

FOURCROY, *Système des connaissances chimiques.*

VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, t. LXXXII, p. 197, et t. LXXXIII.

BERZÉLIUS, *Chimie animale*, 1808; *Ann. de chim.*, t. LXXXIX, p. 22.

DUPUYTREN et THÉNARD, *Ann. de chim.*, t. XLIV, p. 45, et t. LIX, p. 41.

CHEVREUL, *Ann. de chim.*, t. LXVII, p. 303, et t. XCV, p. 319.

PROUST, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XIV, p. 237.

A. MARCET, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XIII, p. 14.

JOHN DAVY, *Ann. de chim, et de phys.*, t. XVIII, p. 107.

STROMEYER, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXVII, p. 221.

LASSAIGNE, *Ann. de chim. et de phy.*, t. IX, p. 324; t. X, p. 369; t. XI, p. 48; t. XIV, p. 257 et 442; t. XVIII, p. 107; t. XXIII, p. 99.—*Journ. de chim. médicale*, t. VI, p. 425. — *Journ. de pharmacie*, t. VIII, p. 74; t. XXIII, p. 328 et 440; t. XLIV, p. 120.

LECANU, *Journ. de pharmacie*, t. XXV, p. 8 1 et 746.—*Ann. de chim. et de phys.*, t. LXXIV, p. 90.

MITSCHERLICH, *Pogg. Ann.*, t. XXXI, p. 303.

WOEHLER, *Tiedemann's Zeitschrifft*, t, I, p. 305.

MORIN, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXI, p. 1.

CAP et HENRI, *Journ. de pharmacie*, t. XXVII, p. 355.

Digitized by Google

A. Becquerel, *Semeïotique des urines.*

Lehmann, *Physiologische Chemie.*

Simon, *Handbuch der medizinischen Chimie.*

Liebig, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. L, p. 161, et *Journ. de pharmacie*, octobre 1844.

4485. En examinant les phénomènes de la respiration, nous avons considéré le poumon comme un organe d'excrétion, et constaté qu'il est chargé d'éliminer de l'économie les produits gazeux, dont le sang se charge dans les procédés de la vie. Les reins, envisagés de la même manière, débarrassent le sang des matières liquides ou solubles dans l'eau qui passent en excès dans l'économie par la digestion des aliments, ou qui résultent de l'accomplissement journalier des phénomènes de la vie elle-même.

Cette circonstance explique comment, dès la plus haute antiquité, l'urine avait attiré l'attention des médecins, qui cherchèrent à caractériser, à son aide, certaines affections, en se basant sur ses propriétés physiques. C'est pourtant vers le milieu du dix-septième siècle seulement qu'on s'occupa de l'urine au point de vue chimique. Le premier examen de ce liquide qui soit digne d'attention est dû à Rouelle jeune, qui découvrit l'urée dans l'urine humaine, et l'acide benzoïque ou hippurique dans l'urine des herbivores. Scheele reconnut bientôt après, dans l'urine, la présence de l'acide urique, auquel il attribua la formation des calculs et des gravelles. Plus tard, Wollaston fit l'analyse des différentes espèces de dépôts calculeux et en traça une histoire assez complète. Cruikshank fit vers le même temps une étude comparative de l'urine normale et de l'urine diabétique, dans laquelle il signala, le premier, la présence d'une matière sucrée; il constata, en outre, dans l'urée la propriété de se combiner avec l'acide nitrique. Fourcroy et Vauquelin ont publié, peu de temps après, sur l'urée, l'urine et les calculs urinaires, un travail détaillé et fort important, dans lequel ils se sont beaucoup occupés de la fermentation de l'urine. M. Thénard a fait voir que l'acide, au moyen duquel les phosphates terreux sont maintenus en dissolution, est un corps de nature organique. M. Berzélius a reconnu que ce n'est pas de l'acide acétique, comme on l'avait pensé, mais bien de l'acide lactique. Le premier, il a donné une analyse complète de l'urine humaine

Digitized by Google

normale. Proust a publié aussi des recherches étendues sur l'urine. Ses observations ont été confirmées, pour la plupart, par M. Liébig, qui a beaucoup ajouté à l'histoire de ce liquide.

Nous allons d'abord tracer l'histoire de l'urine humaine à l'état normal; il nous sera facile ensuite de rattacher à cette étude celle des altérations que ce liquide éprouve dans certaines maladies, ainsi que celle des variations que l'urine présente chez les différents animaux.

4486. A l'état normal, l'urine humaine est un liquide limpide, d'une couleur variant du jaune clair au jaune brun, d'une saveur salée, désagréable et amère. Elle possède une odeur fade, caractéristique ou urineuse qui disparaît par le refroidissement, pour reparaître de nouveau, quand on la chauffe modérément. Sa densité varie beaucoup; le plus souvent elle se trouve comprise entre 1,015 et 1,030. Elle est toujours acide au papier de tournesol. Abandonnée à elle-même pendant quelques jours, elle commence par se décolorer, laisse déposer des sels, devient alcaline, et répand une odeur ammoniacale et repoussante à la fois.

La chaleur ne coagule pas l'urine; lorsqu'on l'évapore, et qu'on distille ensuite le résidu dans une cornue, on obtient du carbonate, de l'acétate et du chlorhydrate d'ammoniaque, et une huile inflammable. A une température très élevée, il distille une petite quantité de phosphore.

Les acides, en général, sont sans action sur l'urine, excepté l'acide oxalique, qui en précipite la chaux. Les alcalis et plusieurs sels y forment des précipités de nature variable, et dont on comprendra mieux la production en examinant l'analyse de l'urine normale faite par M. Berzélius. En voici les résultats :

Eau	933,00
Urée	30,10
Acide lactique libre	
Lactate d'ammoniaque	17,14
Extrait de viande, soluble dans l'alcool	
Matières extractives solubles dans l'eau	
Acide urique	1,00
Mucus de la vessie	0,32
Sulfate de potasse	3,71
Sulfate de soude	3,16

Digitized by Google

Phosphate de soude	2,94
Biphosphate d'ammoniaque	1,65
Chlorure de sodium	4,45
Chlorure d'ammonium	1,50
Phosphate de chaux et de magnésie	1,00
Silice	0,03
	1000,00

La nature des sels, que M. Berzélius a rencontrés dans l'urine, fait voir de suite quels sont les réactifs qui la précipiteront; ce sont l'ammoniaque, le nitrate d'argent, la baryte, la chaux, l'acide oxalique, les sels de plomb, etc.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, qu'il existe dans l'urine des matières extractives qui peuvent aussi fournir des précipités, avec les sels de mercure, les sous-sels de plomb, etc. Ces matières sont peu connues.

Quand on ajoute à de l'urine fraîche une très grande quantité d'alcool, il s'y forme un précipité d'une nature très complexe; car, outre les sels terreux, les phosphates, sulfates, qui ne peuvent rester en dissolution dans l'alcool, ce précipité renferme de l'acide urique, du mucus, et peut-être une petite portion de matière extractive.

Le tannin trouble l'urine, en se combinant au mucus et à une portion de la matière extractive; le trouble est toujours très léger; quand il est un peu considérable, il est dû à la présence accidentelle de l'albumine.

4487. Nous avons dit que l'urine fraîche possède toujours une réaction acide. M. Berzélius avait admis que cette propriété de rougir le tournesol était due à la présence d'une certaine quantité d'acide lactique libre. Dans ces derniers temps, cette opinion a été un peu ébranlée par les expériences suivantes, dues à M. Liebig.

Quand on sature de l'urine humaine fraîche par la baryte, il y a formation d'un précipité; en prenant la précaution de ne pas dépasser le point de saturation, on ne retrouve aucune trace de baryte dans la liqueur filtrée. La magnésie calcinée ou carbonatée offre une action semblable.

Si l'urine devait son acidité à l'acide lactique, on aurait dû y trouver du lactate de baryte ou de magnésie, qui

Digitized by Google

sont solubles dans l'eau, et les réactifs devraient y déceler ces bases, ce qui n'a pas lieu.

Mais, comme l'urine contient des phosphates alcalins, et que la baryte et la magnésie forment des sels insolubles avec l'acide phosphorique, les lactates neutres, produits pendant la neutralisation de l'urine, auraient pu être convertis en lactates alcalins, auquel cas il ne devait rester ni baryte, ni magnésie en dissolution. Il fallait donc, pour résoudre le problème, avoir recours à une expérience directe.

M. Liebig admet que la putréfaction ne détruit pas l'acide lactique; si cet acide fait partie de l'urine fraîche, on doit, d'après ce chimiste, le retrouver dans l'urine putréfiée; si on ne réussit pas à en démontrer l'existence dans ce dernier liquide, il en conclut que non-seulement cet acide ne se trouve pas dans l'urine fraîche, mais que celle-ci ne contient aucune substance propre à concourir à sa formation. Il est fort possible, toutefois, que l'acide lactique disparaisse au milieu des phénomènes d'une fermentation aussi compliquée que l'est celle de l'urine.

Quoi qu'il en soit, voici le procédé suivi par M. Liebig pour rechercher l'acide lactique dans l'urine putréfiée :

On évapore l'urine à siccité, d'abord à un feu nu, puis au bain-marie; le résidu est traité par un mélange d'alcool et d'acide sulfurique, puis saturé par de l'oxyde de plomb. On sépare le précipité par le filtre, et on décompose le liquide filtré par un courant d'acide sulfhydrique. La dissolution séparée du sulfure de plomb est évaporée à siccité au bain-marie et traitée par l'alcool, qui précipite le chlorure de sodium. Pour enlever la soude, on fait dissoudre à chaud de l'acide oxalique effleuri dans la dissolution alcoolique, et après avoir séparé l'oxalate de soude, on sature la liqueur par de l'oxyde de plomb. La dissolution limpide a été de nouveau précipitée par l'hydrogène sulfuré, concentrée au bain-marie et mêlée d'un excès de sous-acétate de plomb; il s'est formé alors un précipité blanc abondant, dont on a séparé la liqueur par filtration. C'est ce dernier liquide qui devait renfermer l'acide lactique.

Le plomb qu'il contenait a été précipité par l'hydrogène sulfuré. La liqueur, évaporée au bain-marie, a été soumise à l'ébullition avec l'hydrate de baryte, qui a chassé une grande quantité d'ammoniaque. Après la décomposition du sel ammoniacal, le sel de baryte obtenu a été

Digitized by Google

décomposé avec précaution par du sulfate de zinc. On a mis en usage tous les moyens pour retirer de cette liqueur des cristaux de lactate de zinc; mais, ces tentatives n'ont pas eu le moindre succès.

M. Liebig a encore cherché à extraire de l'acide lactique de l'urine, par d'autres moyens; toutes ses expériences ont donné un résultat négatif. Il a pu constater toujours la présence d'un acide organique, mais c'était de l'acide acétique mélangé d'une matière brune résinoïde, très-azotée. Proust avait déjà reconnu ce fait.

4488. M. Liebig admet que l'acidité de l'urine fraîche est due aux acides hippurique et urique. Voici la méthode qu'il a employée pour isoler l'acide hippurique. L'urine récente est évaporée à consistance sirupeuse; le résidu est acidulé d'un peu d'acide chlorhydrique, puis agité avec son volume d'éther : pour faciliter la séparation de l'éther, on y ajoute 1/20 de son volume d'alcool. L'acide hippurique se dissout dans ce mélange, qui renferme en outre un peu d'urée. En l'agitant avec de l'eau, ce liquide s'empare de l'urée et de l'alcool; l'éther, enlevé avec précaution, fournit par l'évaporation des cristaux d'acide hippurique.

M. Liebig admet que les acides hippurique et urique se trouvent dissous dans les phosphates de soude et de potasse que le sang renferme, et qui passent dans l'urine. Si la réaction alcaline de ces sels disparaît dans ce dernier liquide, cette circonstance est due à la dissolution des acides organiques dont il s'agit, et peut-être à la présence d'une certaine quantité d'acide sulfurique, provenant de la combustion des matériaux sulfurés de l'organisme.

Cette manière d'envisager la constitution de l'urine, a conduit M. Liebig à faire une urine artificielle. En dissolvant 90 grains de phosphate de soude, $P^2O^5\,\begin{matrix}2NaO\\H\ \ O\end{matrix} + 24\,aq$, dans un litre d'eau, on obtient une dissolution qui possède une réaction alcaline. Si on y ajoute 15 grains d'acide urique et 15 grains d'acide hippurique, et qu'on chauffe à la température du corps humain a 37 ou 38°, les deux acides se dissolvent. Quelques heures après le refroidissement, on observe un dépôt d'acide urique contenant de la soude : il a l'aspect de l'acide urique qui se dépose dans l'urine au bout d'un long temps. Le dépôt, recueilli après vingt-quatre heures, ne pesait que 7 grains 1/2. Les

Digitized by Google

acides minéraux étendus produisent un précipité dans ce liquide filtré.

4489. A ces questions sur la nature de l'urine s'en rattache une autre relativement à l'état dans lequel l'urée elle-même se trouve dans ce liquide. On avait admis, d'après MM. Cap et Henri, qu'elle était combinée à de l'acide lactique. M. Pelouze a prouvé depuis que le lactate d'urée n'existe pas. Quelques observateurs ont pensé que l'urée pouvait se combiner avec l'acide urique. MM. Cap et Henri admettent l'existence de cette combinaison dans l'urine des oiseaux et des reptiles. Dans celle des mammifères herbivores, l'urée, d'après les mêmes chimistes, se trouverait en partie à l'état d'hippurate d'urée.

Mais, l'existence de tous ces sels est au moins douteuse, et tout porte à croire que l'urée existe dans l'urine à l'état de liberté; toutefois, comme on sait que ce principe peut se combiner avec le sel ammoniac et le sel marin, on pourrait admettre que ces combinaisons existent en quantité plus ou moins notable dans l'urine.

4490. Il nous sera facile de nous rendre compte à présent des altérations que subit l'urine lorsqu'elle est abandonnée à elle-même. M. Gay-Lussac a prouvé que le concours de l'oxygène est nécessaire pour que la putréfaction puisse se manifester dans l'urine. Conservée à l'abri de l'air, dans des vases bien bouchés, elle ne perd ni sa transparence, ni son acidité, ni son odeur, et ne laisse déposer qu'un peu d'acide urique. Mais, dès qu'on la laisse en contact avec l'oxygène, ce gaz est absorbé et détermine une véritable fermentation.

On peut admettre qu'en se fixant sur les matières extractives azotées, que l'urine renferme, et peut-être sur la matière colorante, comme le pense M. Liebig, l'oxygène transforme ces substances en ferments azotés qui se déposent à l'état insoluble. Sous l'influence de ces ferments, l'urée se transforme rapidement en carbonate d'ammoniaque en fixant les éléments de l'eau. L'urine devient fortement alcaline et produit alors une vive effervescence lorsqu'on la traite par un acide. La surface du liquide se couvre d'une pellicule blanche, quelquefois de véritables moisissures, et en même temps de petits cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien se déposent sur les parois du vase.

Digitized by Google

L'acide urique se dépose en partie; quant à l'acide hippurique, il se transforme en acide benzoïque. Telle est, d'après M. Ure, l'origine de cet acide, que Scheele et Proust avaient signalé dans l'urine. Ce dernier chimiste a reconnu, il y a déjà longtemps, la présence de l'acide acétique dans l'urine putréfiée. Son observation a été confirmée par M. Thénard, et plus récemment par M. Liebig; mais on ignore l'origine de cet acide.

4491. Pour compléter l'histoire chimique de l'urine, nous devrons l'envisager maintenant sous un autre point de vue.

Comme toutes les sécrétions animales, celle de l'urine est sujette à certaines variations, suivant les circonstances dans lesquelles l'organisme se trouve placé. Après avoir établi quelques principes généraux sur la sécrétion urinaire considérée au point de vue chimique, nous devrons donc rechercher les conditions qui sont capables de la modifier. Pour avancer d'un pas sûr dans cette étude, nous citerons d'abord quelques analyses d'urine normale faites par MM. F. Simon et Lehmann.

Voici, d'après M. Simon, l'analyse de l'urine d'un homme de 33 ans, d'un tempérament sanguin, dont l'alimentation et la digestion n'étaient pas très-bonnes.

	1.	2
Densité	1,011	1,012
Eau	963,20	956,00
Urée	12,46	14,58
Acide urique	0,52	0,71
Extrait alcoolique et acide lactique libre	5,16	4,80
Extrait spiritueux	2,60	5,50
Extrait aqueux et mucus	1,00	
Lactate d'ammoniaque	1,03	2,55
Sel ammoniac	0,41	
Chlorure de sodium	5,20	7,28
Sulfate de potasse	3,00	3,51
Phosphate de soude	2,41	2,33
— de chaux et de magnésie	0,58	0,65
Silice	Trace.	Trace.
Résidu solide	36,80	44,00

Digitized by Google

AUTRES ANALYSES DE L'URINE du même individu.	L'urine du matin. — Il avait bu quelques verres d'eau le soir.	Après avoir bu un verre d'eau et du café. — Tout son corps fut pris d'une excitation telle pendant 2 heures, que le pouls battait 100 fois par minute.	Urine recueillie une demi-heure après la précédente.
	ACIDE.	MOINS ACIDE QUE LA PREMIÈRE.	TRÈS-ACIDE.
Densité.	1,010	1,008	1,014
Eau	972,60	980,00	957,60
Urée.	8,40	7,57	15,26
Acide urique			
Matières extractives.	13,96	8,62	19,14
Sels ammoniacaux. .			
Chlorures.			
Phosphate de soude .	1,85	1,25	2,75
Sulfate de soude. . .	2,97	2,20	5,00
Phosphates de chaux et de magnésie. . .	0,48	0,26	0,65
Résidu solide	27,66	19,00	42,40

Ces diverses analyses suffisent pour établir combien est variable la proportion d'urée contenue dans l'urine du même individu, selon les circonstances de sa production.

On ne peut donc guère espérer de parvenir à une connaissance satisfaisante des principes de l'urine, si on ne prend pas la précaution d'opérer sur la totalité de l'urine recueillie pendant vingt-quatre heures, ce qui donne une composition moyenne, comparable d'un jour à l'autre.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Lehmann sur des portions de l'urine rendue en vingt-quatre heures.

Digitized by Google

	I.	II.	III.
Eau	936,76	961,44	932,41
Urée	31,45	33,91	32,90
Acide urique	1,02	1,07	1,07
Acide lactique	1,49	1,55	1,51
Extrait aqueux	1,62	0,59	0,63
Extrait alcoolique et aqueux	10,06	9,81	10,87
Lactate d'ammoniaque	1,89	1,96	1,73
Chlorures de sodium et d'ammoniaque	3,64	3,60	3,71
Sulfates alcalins	7,31	7,29	7,32
Phosphate de soude	3,76	3,66	3,98
Phosphates de chaux et de magnésie	1,13	1,18	1,10
Mucus	0,11	0,10	0,11
MATIÈRES SOLIDES	63,24	68,58	67,59

4492. Les physiologistes avaient supposé ou admis de tout temps que les reins élaborent de toutes pièces l'urine et les matières organiques solubles qui s'y rencontrent. Nous avons démontré, M. Prévost et moi, que l'urée, le principe le plus abondant de l'urine, se trouve dans le sang après l'ablation des reins, et que les fonctions de ces organes se bornent en conséquence à éliminer ce principe, sans concourir à sa formation. Il en est de même probablement pour l'acide urique et les autres principes organiques et inorganiques de l'urine.

On rencontre les reins dans tous les animaux supérieurs; mais l'urée ne constitue pas toujours le plus abondant des principes que ces organes sont chargés de sécréter; pour les oiseaux, les serpents, etc., la presque totalité de l'urine se compose d'acide urique, produit que l'on ne rencontre dans l'urine humaine qu'en petite quantité.

Quoi qu'il en soit, les principes azotés constituent, pour toutes les classes des animaux supérieurs, les matériaux organiques les plus abondants et les mieux définis de l'urine. En considérant la composition de ces différents corps, on est frappé d'abord de la grande quantité d'azote qu'ils renferment; et si l'on se rappelle que les organes excréteurs sont destinés en général à débarrasser l'économie des matériaux de l'organisme devenus impropres à la vie, on est conduit tout naturellement à cette conséquence : que les fonctions des reins consistent à recueillir et à éli-

Digitized by Google

miner l'urée ou l'acide urique provenant des métamorphoses de nos tissus ou des aliments introduits en excès dans, l'économie. Ajoutons à cela que l'urine charrie, en outre, tous les sels inorganiques solubles dont l'organisme doit se débarrasser, et nous aurons fait sentir toute l'importance des fonctions que les reins sont destinés à remplir.

Tout s'enchaîne dans l'économie. Les fonctions par lesquelles la vie se manifeste ne s'accomplissent jamais isolément, mais se lient les unes aux autres de la manière la plus intime. Si quelque chose est propre à faire ressortir cette admirable harmonie dans le jeu de nos organes, ce sont certainement les relations qui enchaînent les fonctions des reins et celles des poumons.

L'oxygène du sang artériel, en passant par les capillaires, y détruit, par une véritable combustion, les tissus devenus impropres à la vie; le carbone et l'hydrogène de ces tissus tendent, au moins en partie, à se transformer en acide carbonique et en eau, pour être rejetés par les poumons. Mais quelle forme prendra l'azote? La combinaison la plus simple qu'il pourrait former serait l'ammoniaque; ce corps ne pouvant exister à l'état de liberté dans l'économie, la nature a dû le modifier; il lui a suffi pour cela de le mettre en rapport avec l'acide carbonique, et d'éliminer de cette combinaison les éléments de l'eau, pour la transformer en urée. Ce principe, étant inerte et soluble dans l'eau, peut passer sans le moindre danger dans le torrent de la circulation, et être recueilli et rejeté par les reins. Telle est l'origine de l'urée dans l'économie. On voit que c'est en quelque sorte un corps brûlé qui résulte de l'oxydation des matières azotées de l'économie.

Cette relation entre la sécrétion urinaire et les phénomènes de la respiration a été établie par l'expérience. Il sera facile d'en juger d'après le tableau suivant, où l'on a mis en regard les moyennes de l'urée secrétée en vingt-quatre heures avec celles du carbone brûlé en une heure pour des individus choisis à peu près du même âge :

	Urée excrétée en 24 h.	Carbone brûlé par heure.
Enfants de 8 ans.....	13,5	5 grammes.
Hommes.....	28,1	11
Femmes.....	19,1	6,3
Vieillards.....	8,1	7,4

Digitized by Google

Ceci revient à dire que pour que la respiration puisse brûler, sans danger pour l'économie, 11 grammes de carbone à l'heure, il faut que l'alimentation ait été plus abondante que dans les occasions où le carbone brûlé se réduit à 5 grammes, et par suite que la production de l'urée doit s'élever.

Mais, d'après ce que nous venons de voir, il est facile de comprendre que toutes les circonstances qui influent sur l'activité plus ou moins grande de la respiration doivent modifier en même temps la sécrétion urinaire.

MM. Simon et Lehmann ont trouvé, par des expériences directes, qu'après un exercice violent, la quantité d'urée augmente dans l'urine; ce qui peut dépendre d'une transpiration abondante qui en aura augmenté la quantité relative, car tout ce qui favorise la circulation et la respiration tend à réduire la proportion absolue de l'urée.

L'acide urique, plus riche en carbone que l'urée, se formera de préférence lorsque, par suite d'une respiration moins active, les matières brûlées par le sang artériel subissent une oxydation incomplète.

On sait que les personnes atteintes de la goutte ou d'affections calculeuses mènent en général un genre de vie sédentaire, bien propre à favoriser la formation de l'acide urique.

D'un autre côté, on a remarqué qu'à la suite de fatigues et d'exercices forcés, l'urine peut devenir alcaline.

On s'expliquera aisément ce fait en se rappelant que l'acide urique peut se transformer en urée lorsqu'il est soumis à l'action d'un excès d'oxygène, et que l'acide hippurique lui-même peut subir une oxydation analogue. Ces principes venant ainsi à disparaître ou à se former en quantité moins considérable, on conçoit facilement que l'urine, qui leur doit sa réaction acide, puisse la perdre dans les circonstances que nous venons de mentionner.

Prous a constaté qu'à la suite de l'ingestion d'aliments gras qui introduisent un excès de carbone dans l'économie, l'urine se trouble et laisse déposer de petits cristaux d'acide urique.

Tous ces faits prouvent l'influence remarquable que la respiration exerce sur la sécrétion urinaire.

4493. Cette fonction, on le comprend sans peine, doit être modifiée suivant l'âge et le sexe de l'individu chez lequel

Digitized by Google

on la constate, mais surtout suivant le régime des individus chez lesquels on l'examine.

L'influence que ces diverses conditions exercent sur la sécrétion de l'urine, a été étudiée par divers observateurs, et d'une manière toute spéciale par M. Lecanu, auquel on doit un travail étendu sur ce sujet. Ses expériences ont été faites sur 16 individus, de sexe et d'âge différents, savoir :

6 hommes	de 20	à 45	ans.
2 vieillards	84	86	
4 femmes	18	28	
4 enfants			

La densité des urines examinées par M. Lecanu a varié d'une manière notable. Voici les limites de ces densités, prises sur quatre-vingt-treize échantillons représentant la totalité des urines rendues en un jour par les seize individus mis en expérience.

4 fois leurs urines ont offert une densité		inférieure à	1,016
34	—	comprise entre	1,016 et 1,020
44	—	—	1,020 et 1,031
11	—	supérieure à	1,030

Les urines des hommes dans la force de l'âge ont d'ailleurs toujours été plus denses que les urines d'enfant et de femme. Il faut en outre remarquer que, pour les hommes, la quantité d'urine sécrétée est plus forte, toutes choses égales d'ailleurs.

Les quantités d'urine rendues par treize individus de sexe et d'âge différents, soumis à une alimentation abondante, et à des influences extérieures diverses, ont varié de 525 gr. à 2 kil. 271 gr.

Chez les individus du sexe masculin et dans la force de l'âge, l'urine est sécrétée plus abondamment que chez les vieillards, les enfants, et souvent même chez les femmes.

En comparant la quantité d'urine rendue par cinq hommes de vingt à quarante-cinq ans pendant quelques jours consécutifs, on trouve une moyenne de 743 gr. à 2271 gr. On voit que les différences sont déjà moindres que pour les treize individus qui ont donné les nombres 525 et 2271.

Elles deviennent moins sensibles encore pour l'urine de

Digitized by Google

trois individus de 20, 22, 38 ans, récueillie pendant quelques jours consécutifs.

				kil.
Le 1er	rend en	12	jours	11,969
Le 2e.	—	12	—	11,572
Le 3e	—	8	— 7,622 d'où en 12 jours	11,433

Enfin, en plaçant ces mêmes individus dans les mêmes conditions extérieures, on les voit rendre des quantités égales d'urine.

M. Lecanu cite, à ce sujet, les expériences suivantes :

		kil.			kil.
En 6 jours	une personne fournit	5,961	en 6 autres jours		6,310
6	—	5,829	6	—	5,743
5	—	10,056	5	—	9,959
3	—	1,977	3	—	1,916
4	—	3,897	4	—	3,653

La moyenne de quarante-huit expériences donne 1268 gr. d'urine. Mais, chez les uns, la quantité d'urine sécrétée n'atteint jamais ce chiffre; chez d'autres, elle le dépasse toujours. Cette circonstance explique comment les observateurs, qui ont tenté de faire l'évaluation dont il s'agit, ont pu arriver à des résultats si différents. En effet, la quantité d'urine sécrétée en vingt-quatre heures, est portée par Haller à 1568 gr., par Bostock à 1280 gr., par Prout, à 1040 gr., par Thomson, à 1510 gr., et par M. Rayer, à 1257 grammes.

4494. Comparons maintenant les quantités d'urée que peut renfermer l'urine de divers individus, recueillie pendant plusieurs jours consécutifs.

Le tableau suivant est extrait du travail de M. Lecanu :

En 12 jours,	un homme de	20	ans a fourni	334 gr. d'urée.
Id.		22	Id.	334
Id.		38	Id.	310
Id.		43	Id.	351
Id.		35	Id.	364
Id.,	une femme de	28	Id.	205
Id.	Id.	16	Id.	210
Id.,	un enfant de	8	Id.	171
Id.	Id.	8	Id.	168

M. Lecanu déduit l'urée du poids du nitrate d'urée; il admet que 100 part. de ce sel sont formées de :

Digitized by Google

Urée.....	53,50
Acide nitrique..	46,50.

Or, les expériences de M. Regnault ont prouvé que l'urée prend un équivalent d'eau en se combinant aux bases, ce qui donne :

$C^2 H^4 Az O^2$	= 60 —	48,8
$Az O^5, H O$	= 63 —	51,2
	123	100,0

L'urée est donc évaluée d'un dixième environ trop haut dans les expériences de M. Lecanu. Mais, comme le mémoire de M. Lecanu est destiné à faire connaître plutôt le sens des variations de l'urée que les quantités absolues de ce principe, nous n'avons pas fait la correction dont nous venons de parler.

Les quantités d'urée sécrétée ont été beaucoup plus considérables chez les hommes dans la force de l'âge que chez les femmes, les vieillards et les enfants, et plus considérables chez les femmes que chez les enfants et les vieillards. Voici les données générales de cette sécrétion exprimées en grammes pour chaque jour :

	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Hommes.....	28,0	33,0	23,1
Femmes.....	19,1	28,3	9,9
Vieillards.....	8,1	12,2	3,9
Enfants de 8 ans...	13,4	16,4	10,4
Enfants de 4 ans...	4,5	5,3	3,7

On sait que l'urine des enfants en très-bas âge ne contient pas sensiblement d'urée, et je suis porté à croire que celle des convalescents se trouve dans le même cas, ou qu'elle se rapproche de celle des enfants peu âgés.

4495. La quantité d'acide libre qui se trouve dans l'urine varie notablement.

En général, on peut dire que 1 litre d'urine peut saturer 1 gramme de carbonate de soude.

L'urine la plus acide qu'ait rencontré M. Lecanu, n'a exigé que 2,75 de carbonate de soude.

4496. La sécrétion de l'acide urique varie par l'âge, l'alimentation, le sexe, etc., dans les limites de $0^{gr},089$ par jour à $1^{gr},575$; mais la différence qui a lieu par rapport au sexe et

Digitized by Google

à l'âge n'est plus aussi tranchée que pour la quantité d'urée, quoique parfois il arrive que les individus de même force, de même âge environ et du même sexe fournissent, pendant le même espace de temps, des quantités sensiblement égales d'acide urique.

		Acide urique sécrété en douze jours.
Hommes.....	1°	11,945
	2°	11,943
	3°	15,434
	4°	5,624
	5°	5,027
Vieillards.....	1°	6,516
	2°	2,286
Femmes.....	1°	5,667
	2°	5,425
	3°	7,083
	4°	5,942
Enfants.....	1°	1,977
	2°	5,198

On voit, d'après ce tableau, que la production de l'acide urique ne suit pas une marche aussi régulière que celle de l'urée, et cela se conçoit parfaitement, quand on considère que la production de l'acide urique n'est qu'un accident qui peut provenir de ce qu'une portion des matières animales neutres azotées, n'ont été brûlées qu'imparfaitement. On sait, en effet, que l'acide urique est un corps moins oxydé que l'urée.

4497. La proportion de mucus a beaucoup varié dans les expériences de M. Lecanu; pour les 4 hommes de 20, 22, 38 et 43 ans, elle était de 1gr.15, 1gr.72, 1gr.27, 1gr.63; le 5e, qui était très robuste, n'en rendait que 0,512; un autre, 0,478. Les femmes et les vieillards, de 0,29 à 0,375. Les enfants n'en fournissent que des quantités imperceptibles.

4498. D'après ce que nous verrons plus tard sur les matières qui passent dans l'urine, on pourrait conclure, à priori, que les quantités de sels fixes, rendues en vingt-quatre heures par les urines, doivent varier beaucoup. En effet, par des expériences faites sur 11 individus, on voit qu'ils peuvent s'élever de 4gr.84 à 24gr.5: ces variations ont été observées sur le même individu; cependant, les circonstances de l'alimentation étant normales, on remarque

Digitized by Google

en général, qu'elles sont plus considérables chez les hommes dans la force de l'âge que chez les femmes, les enfants et les vieillards; et, cela se conçoit, si l'on se rappelle que les hommes prennent en bien plus grande quantité une nourriture, toujours chargée de sels fixes.

	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Hommes.....	16,8	24,5	9,9
Femmes.....	14,3	19,6	10,7
Enfants de 8 ans..	10,0	10,9	9,9
Vieillards.....	8,0	9,7	4,8

Parmi les sels, les phosphates terreux ont présenté des variations qui ne sont nullement en rapport avec le sexe et l'âge des individus; leur poids varie de 1gr.960 à 0,029.

M. Donné a observé que l'urine des femmes enceintes contient une quantité de phosphates terreux moindre que celle qui se trouve dans l'urine ordinaire.

Fourcroy avait émis l'opinion que l'urine des vieillards renfermait plus de sels et particulièrement plus de phosphates terreux. MM. Guibourt et Rayer pensent le contraire. M. Lecanu a vu que l'urine des enfants sur lesquels il expérimentait, contenait plus de phosphates terreux que celle des vieillards, quoique l'urine de l'un de ces derniers fût remarquablement acide.

La quantité de sel marin rendue journellement par les urines pour des individus différents, varie de 0,016 à 7,550gr. Ces variations, pour le même individu, sont moins fortes, mais peuvent encore aller de 2 à 5 grammes par jour; elles ont été sensiblement les mêmes chez les hommes dans la force de l'âge et chez les enfants. Chez les vieillards et les femmes, la quantité de sel marin décroît d'une manière telle, qu'il est impossible d'attribuer les différences observées à des erreurs d'expériences. Les femmes avaient, du reste, pris la même nourriture que les hommes. Tandis qu'un homme rend par les urines de 2gr.9 à 4gr.6 de sel marin, les femmes n'en rendent pas plus de 0gr.690 et jusqu'à moins de 0.017.

Le docteur Prout a reconnu que l'urine des agonisants est presque entièrement privée de sel marin, ce qui s'accorde avec l'affaiblissement progressif que la quantité de ce sel éprouve vers la fin de la vie.

La quantité des phosphates solubles varie, pour le même individu, de 0,111 à 4gr.645, et ne paraît se trouver en rap-

Digitized by Google

port ni avec l'âge, ni avec le sexe des sujets. En général, elle n'atteint ou ne dépasse que très rarement 1 gramme.

L'acide sulfurique que l'urine renferme à l'état de sulfate soluble, varie de la même manière, de 1gr.988 à 3,750.

Voici, en résumé, les conséquences auxquelles est arrivé M. Lecanu.

L'urée et l'acide urique sont sécrétés en quantités égales pendant des temps égaux par le même individu.

Les quantités d'urée que des individus différents sécrètent pendant des temps égaux, varient et sont en rapport avec le sexe et l'âge des individus ; plus fortes chez les hommes dans la force de l'âge que chez les femmes ; plus considérables chez celles-ci que chez les vieillards et chez les enfants.

Les matériaux indécomposables par la chaleur, sécrétés pendant des temps égaux, par des individus différents, varient sans aucun rapport avec le sexe ou l'âge, et présentent même des variations notables pour un même individu.

Les résultats généraux des expériences de M. Lecanu sont consignés dans le tableau suivant :

PRODUITS rendus EN 24 HEURES.	ENFANTS DE 4 ANS.	ENFANTS DE 8 ANS.	HOMMES.	VIEILLARDS.	FEMMES.
	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.
Acide urique	»	0,15 à 0,25	0,30 à 1,0	0,20 à 0.50	0,30 à 0,60
Urée	3 à 5	10 à 16	23 à 33	4 à 12	10 à 28
Sels	»	10	10 à 25	5 à 10	10 à 20
Sel marin	»	2 à 5	4 à 7	0,4 à 1,5	0,1 à 0,7
Phosphates terreux. . .	»	0,3 à 1,3	0,4 à 2,0	0,2	0,2 à 5,0

4499. Il nous reste maintenant à étudier l'influence que les boissons, les aliments solides, et les matières introduites d'une manière accidentelle dans l'économie, peuvent exercer sur la sécrétion urinaire.

Tout le monde sait que l'ingestion d'une grande quantité d'eau dans l'économie augmente immédiatement la quantité de l'urine sécrétée. On a remarqué que dans ces circonstances, l'urine devient plus claire, et que sa densité diminue. On comprendrait difficilement qu'il en fût autrement. L'excès d'eau introduit dans l'estomac, passe rapidement dans le torrent de la circulation, sans exercer la

Digitized by Google

moindre influence sur la sécrétion de l'urée et des autres matériaux organiques de l'urine. Tout ce qu'elle peut faire, c'est de se charger des sels qu'elle rencontre dans l'économie, et d'augmenter ainsi, dans une faible proportion, la quantité des matériaux inorganiques excrétés pendant un temps donné. C'est là, du moins, la conséquence que l'on peut tirer des expériences de M. A. Becquerel.

On admet généralement que la nature et la quantité des aliments exercent une grande influence sur la sécrétion urinaire. Cette influence est incontestable, mais peut-être a-t-elle été exagérée par quelques observateurs.

En effet, il est impossible de soutenir que c'est uniquement aux dépens des aliments que se forment l'urée et les autres matériaux organiques de l'urine. La formation de ces principes continue pendant la diète absolue, qu'on impose à certains malades, comme pendant le jeûne forcé auquel on peut soumettre les animaux. Nous avons vu qu'il fallait en attribuer alors l'origine aux métamorphoses que les matériaux de l'organisme repris par le sang appauvri, éprouvent par l'effet de la respiration.

Toutefois, il est clair que, dans le cas où un excès de principes réparateurs est introduit dans l'économie, sous l'influence d'une alimentation très abondante, une partie des matériaux azotés, dont se compose la nourriture, est directement éliminée par les urines sous forme d'urée.

D'un autre côté, les aliments si variés auxquels les progrès de la civilisation nous ont peu à peu habitués, introduisent dans l'économie, une foule de substances azotées qui sont incapables de servir d'une manière directe à la nutrition de nos tissus.

Les forces d'assimilation de l'organisme, si actives qu'elles puissent être, ne sauraient jamais transformer la théine en chair. Cette substance, ainsi que beaucoup d'autres analogues, ne peuvent jouer dans le grand acte de la nutrition, qu'un rôle secondaire: il est probable, qu'après avoir servi aux besoins de la respiration, ces matières concourent directement à la formation de l'urée.

C'est ainsi que nous comprenons l'influence que les aliments exercent sur la sécrétion urinaire.

4500. Le docteur Chossat a prouvé que les matériaux solides de l'urine varient, non-seulement avec le poids des ali-

Digitized by Google

ments de même nature, mais encore avec les aliments de nature différente pris en même quantité.

D'un autre côté, MM. Simon et Lehmann ont démontré que la proportion d'urée est augmentée dans l'urine, par une nourriture azotée abondante, et qu'elle diminue dans les conditions opposées.

4501. Parmi les matières introduites dans l'économie, d'une manière accidentelle, il en est qui passent dans l'urine, soit en nature, soit après avoir subi des altérations plus ou moins profondes, tandis que d'autres ne se rencontrent jamais dans ce liquide.

On doit à M. Woehler, une nombreuse série d'expériences sur ce sujet.

D'après ce chimiste, les matières colorantes de la rhubarbe, de la garance, du bois de campêche, des betteraves rouges, des baies d'airelle, des mûres, des cerises noires, etc., le sulfate d'indigo, la gomme gutte, etc., passent dans l'urine en la colorant fortement.

Les asperges lui communiquent une odeur fétide particulière, qui résulte de la décomposition partielle de certains matériaux qu'elles renferment.

Beaucoup d'huiles essentielles, comme celles de genièvre et d'ail peuvent passer dans l'urine; l'essence de térébenthine, certaines résines, les baumes, lui communiquent une odeur de violettes.

L'opium, le copahu, l'assa-fœtida, le safran, communiquent leur odeur propre à l'urine.

Les carbonates, les sulfates, les chlorates, les sulfocyanures, les nitrates, les phosphates, passent dans l'urine sans s'altérer.

D'après M. Cantu, le mercure se trouve en quantité notable dans l'urine des individus soumis à des traitements mercuriels. Les préparations d'or, d'antimoine et d'arsenic sont éliminées pour la majeure partie par les urines; l'iode y passe à l'état d'iodure; le soufre, l'hydrogène sulfuré et les sulfures s'y retrouvent, mais à l'état de sulfates.

En général, les produits ingérés passent dans les urines après avoir subi une véritable oxidation. Cependant, le ferrocyanure rouge de potassium s'y retrouve à l'état de ferrocyanure jaune, qui lui-même y passe sans altération.

Il est difficile de rendre les urines acides au moyen des acides organiques, car ils se détruisent en grande partie

Digitized by Google

dans l'économie. C'est ainsi que les citrates, les malates, les acétates sont brûlés et ramenés à l'état de carbonates : aussi, les urines deviennent-elles souvent alcalines, après l'administration de ces sels, même quand ils renferment un excès d'acide. Il suffit de manger des fruits rouges, comme des fraises ou des cerises, qui contiennent des tartrates ou des citrates, pour voir cette réaction alcaline se manifester dans l'urine.

L'acide benzoïque subit dans l'économie une transformation très remarquable ; on le trouve dans les urines à l'état d'acide hippurique combiné à des bases. Le docteur Ure a, le premier, attiré l'attention sur ce fait, qui a été confirmé depuis par M. Keller.

L'acide benzoïque se combine donc dans l'économie à un corps azoté provenant de la métamorphose des tissus, et il en est éliminé à l'état d'acide hippurique. Ce fait peut acquérir une haute importance en physiologie, en démontrant que certains principes non azotés de nos aliments peuvent intervenir d'une manière directe dans les transformations que subissent les matières azotées de l'organisme.

Les préparations de fer, de plomb et de cuivre, l'alcool, l'éther, le camphre, l'huile de Dippel, le musc, la matière colorante de la cochenille et de la graine d'Avignon, le tournesol et l'orcanette, ne passent jamais dans l'urine.

Il en est de même d'un grand nombre de matières inorganiques ; beaucoup d'entre elles subissent déjà dans le tube digestif des décompositions qui, en les rendant insolubles, empêchent leur absorption et leur passage dans le sang.

4502. *Urines pathologiques.* Dans la plupart des maladies, la sécrétion urinaire est modifiée d'une manière plus ou moins profonde. Elle peut être augmentée ou diminuée. La densité de l'urine, sa couleur, son odeur, les matériaux qu'elle renferme, les sédiments qui s'y déposent, peuvent varier dans un grand nombre de cas.

On sait que les anciens médecins avaient attaché une grande valeur à l'examen de ces variations, qui entraient comme un élément très important dans l'appréciation des symptômes et surtout de la marche de certaines maladies. Mais, depuis que des tendances plus positives, des méthodes fondées sur la connaissance des lois physiques, ont succédé à l'empirisme, dont les sciences ont

Digitized by Google

tant de peine à se dégager, l'appréciation des caractères de l'urine a perdu, pour un grand nombre de maladies, l'importance exagérée que lui attribuaient les anciens médecins.

A la vérité, des recherches nombreuses et étendues ont été faites sur la composition de l'urine dans les maladies; mais les analyses que la science possède n'ont conduit que pour un petit nombre de cas à des conséquences nettes, d'une valeur réelle pour le médecin et pour le physiologiste.

Il ne faut pas s'étonner de ce résultat. L'étude des altérations de l'urine est semée de difficultés. Lorsque le trouble est porté dans l'économie, tant de circonstances peuvent influer sur la sécrétion urinaire, qu'il est difficile, dans beaucoup de cas, de les apprécier toutes à leur juste valeur. L'activité augmentée ou diminuée de la respiration, la suppression des aliments, les boissons et les médicaments administrés, la transpiration qui peut s'établir, sont autant de conditions capables de modifier les qualités de l'urine. Les observateurs n'ont pas toujours cherché à faire la part de chacune d'elles, et c'est pour cela peut-être que leurs recherches sont demeurées si imparfaites et si stériles en résultats généraux vraiment utiles à la science.

Nous allons indiquer sommairement les résultats des analyses les plus précises, et les caractères les mieux démontrés des urines pathologiques.

4503. Dans les maladies inflammatoires, l'urine est en général foncée en couleur, quelquefois rouge-brunâtre ou même brune, et possède une densité assez élevée. La proportion d'urée peut varier; le plus souvent elle est augmentée, quelquefois elle diminue, ce qui arrive toujours à la suite de saignées abondantes. L'acide urique, au contraire, paraît toujours augmenter, et s'élève dans certains cas à 5 pour 100, et même, d'après une observation de M. Becquerel, à 5,9 pour 100 du poids des matériaux solides, tandis que dans l'urine normale, il atteint seulement la proportion de 1,5 pour 100. Quant aux sels, ils sont toujours diminués, ce qui s'explique facilement par l'influence de la diète imposée aux malades. Toutefois, d'après une observation de M. Simon, les sulfates paraissent à peine diminués dans l'urine dont il s'agit, et cela doit être, puisque l'acide sulfurique des urines résulte en grande partie de l'oxydation que subit le soufre des matières albuminoïdes sous l'influence de la respiration, très-

Digitized by Google

active, comme on sait, dans les maladies inflammatoires. L'existence des sulfates dans l'urine est donc, jusqu'à un certain point, indépendante de la quantité d'aliments solides qui sont introduits dans l'économie.

Dans la dernière période des inflammations, comme dans un grand nombre d'autres maladies et surtout dans les fièvres intermittentes, l'urine devient sédimenteuse. Le plus souvent les sédiments qui se déposent ainsi sont jaunes ou bistrés, et sont formés en partie par de l'acide urique ou par des urates; quelquefois, ils consistent en mucus et plus rarement ils sont formés par des phosphates insolubles. Dans ce dernier cas, l'urine est toujours ammoniacale.

Il paraît que cette réaction se manifeste quelquefois dans l'urine des malades affectés de fièvres graves, de typhus, par exemple. Elle est due peut-être à un séjour trop prolongé de l'urine dans la vessie. Quoi qu'il en soit, les autres caractères de l'urine sont singulièrement modifiés sous l'influence de ces graves affections: elle est ordinairement colorée en brun, spécifiquement plus légère que l'urine normale; l'urée y est toujours diminuée; les sels sont dans le même cas, sans en excepter les sulfates. Quant à l'acide urique, la proportion en est souvent augmentée.

Dans la première période de la phthisie, l'urine présente souvent les mêmes caractères que dans les phlogoses; elle est plus colorée et plus dense qu'à l'état normal, et son état de concentration augmente encore, lorsque vers la fin de la maladie, il s'établit des sueurs nocturnes et des diarrhées colliquatives. D'après les expériences de M. Becquerel, la quantité d'urine sécrétée dans un temps donné diminue beaucoup, tandis que la proportion d'acide urique est très notablement augmentée et peut s'élever jusqu'à 5 p. 0/0 du résidu solide. Cette circonstance s'explique facilement. En effet, l'hématose ne pouvant plus s'accomplir complétement, la formation de produits moins oxydés que l'urée, devient par cela même plus abondante.

Dans les hydropisies, la composition de l'urine subit des changements remarquables; elle renferme ordinairement des quantités notables d'albumine, qu'il est toujours facile de reconnaître en ajoutant à l'urine quelques gouttes d'acide nitrique.

Dans la néphrite albumineuse ou dans la maladie de

Digitized by Google

Bright, les urines se chargent d'une quantité si considérable d'albumine, qu'elles se prennent en masse par la chaleur. L'urée est notablement diminuée dans ces urines, et on peut alors constater dans le sang l'existence de ce principe. Dans la période aiguë de cette maladie, l'urine est colorée en rouge ou en brun, et laisse déposer par le repos des flocons bruns formés de fibrine et de globules.

Elle présente une altération analogue dans les inflammations de la vessie, et sous l'influence des hémorrhagies abondantes. Si les globules sanguins existent en nature dans l'urine, ils s'y déposent ordinairement au fond du vase. Dans ce cas, il est facile de les reconnaître à l'aide du microscope. Mais il arrive souvent que les globules sont devenus méconnaissables ou que la matière colorante du sang existe dans l'urine à l'état de dissolution; il faut alors chercher à isoler ce principe en le coagulant par la chaleur; il se sépare sous forme de flocons bruns, que l'on traite ensuite par l'acide sulfurique et l'alcool.

Dans certains cas d'hématurie on a signalé dans l'urine l'existence de tous les principes du sang en si grande abondance, qu'abandonnée à elle-même, cette urine se coagule spontanément et qu'il s'y forme un véritable caillot sanguin.

Dans la dernière période de l'inflammation des organes urinaires, et notamment vers la fin de la néphrite albumineuse, alors que les reins commencent à se désorganiser, on rencontre souvent du pus dans l'urine. Les globules puriformes se reconnaissent également à l'aide du microscope.

Dans l'ictère, l'urine présente toujours une coloration brune plus ou moins foncée, due à la présence de la matière colorante de la bile. L'acide nitrique détermine dans cette urine des changements de couleur caractéristiques dont nous aurons occasion de parler à propos de la bile.

4504. La composition de l'urine subit un changement remarquable dans la maladie connue sous le nom de diabète sucré. Ce changement consiste dans la présence d'une quantité plus ou moins considérable de glucose. Les malades sont tourmentés par une soif inextinguible, et rendent des quantités d'urine proportionnelles aux quantités de boissons qu'ils prennent. Ordinairement, ces quantités varient entre 5 et 10 litres par jour; mais, dans certains cas, elles ont atteint le chiffre de 25 litres.

Digitized by Google

On a fait beaucoup de recherches sur l'urine diabétique; mais les observateurs ne sont pas d'accord quant aux résultats. Quelques-uns ont prétendu que la quantité absolue d'urée et d'acide urique diminuait, et que ces principes pouvaient même disparaître complétement. D'un autre côté, il paraît résulter des expériences de MM. Gregor et Kane que la quantité totale d'urée sécrétée pendant vingt-quatre heures n'est pas inférieure à la proportion normale et peut même la dépasser dans certains cas. Seulement, comme elle se trouve délayée dans une grande quantité d'eau, la richesse du liquide en urée doit diminuer selon la quantité d'urine rendue dans un temps donné.

M. Lehmann a signalé le premier l'existence de l'acide hippurique dans l'urine diabétique.

Il paraît qu'au commencement et à la fin de la maladie, cette urine renferme une certaine quantité d'albumine.

Elle est d'ailleurs peu colorée, souvent trouble et plus dense que l'urine ordinaire. Quoi qu'il en soit, elle est caractérisée par la présence du glucose qui lui communique la propriété de dévier le plan de polarisation de la lumière vers la droite. L'appareil de M. Biot est très commode pour en constater la présence, et rendra certainement de grands services dans le diagnostic du diabète.

Pour isoler le sucre de l'urine, on commence par évaporer ce liquide au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse. Le résidu est traité par l'alcool bouillant, de 0,833 jusqu'à ce que celui-ci n'enlève plus rien. Les dissolutions alcooliques évaporées en consistance sirupeuse, et abandonnées à elles-mêmes dans un endroit frais cristallisent au bout de quelques jours. On purifie les cristaux par les méthodes ordinaires; ils possèdent tous les caractères du glucose.

L'urine diabétique doit au sucre qu'elle renferme la propriété de fermenter par l'addition de la levure. Il s'y développe même spontanément des globules de ferment.

La fermentation offre donc un bon moyen pour reconnaître la présence du sucre dans une urine; mais quand, pour la provoquer, on fait usage de levure de bière, il faut s'assurer que celle-ci ne fermente pas seule; il suffit pour cela de la laver plusieurs fois à grande eau.

En chauffant l'urine des diabétiques après y avoir ajouté

Digitized by Google

quelques gouttes de potasse, elle se teint en brun plus ou moins foncé par suite de l'altération du sucre qu'elle renferme. Ce procédé, proposé par M. Mialhe pour évaluer la proportion de sucre, est d'un emploi très-rapide et suffisamment exact.

Voici quelques analyses d'urine diabétique faites par MM. Simon et Bouchardat.

	Simon.		Bouchardat.
	I.	II.	
Densité.....	1,018	1,016	
Eau.....	957,00	960,00	837,58
Matériaux solides...	43,00	40,00	162,42
Urée.....	Traces.	7,99	8,27
Acide urique.....	Traces.	Traces.	
Sucre.....	39,80	25,00	134,42
Extrait alcoolique...	2,10	6,30	6,38
Extrait aqueux.....			5,27
Sels.....			8,69
Phosphates et mucus.	0,52	0,80	0,24
Albumine.....	Traces.	Traces.	
Oxyde de fer (?).....			0,14

Quelle est l'origine du sucre dans l'urine diabétique?

MM. Thénard et Dupuytren ont les premiers attiré l'attention sur cette importante question.

M. Berzélius pense que les matières azotées neutres de l'économie peuvent se transformer en sucre. Il croit qu'il en est de même des matières azotées ingérées; selon lui, les malades nourris de substances animales n'en rendent pas moins une urine sucrée.

M. Bouchardat est arrivé à des conséquences opposées. Il a montré que le sucre se retrouve dans le sang, mais, seulement quelque temps après le repas, et que le sang extrait le matin n'en contient pas. Il est porté à attribuer la présence du sucre dans l'urine aux matières amylacées introduites dans l'économie; car à la suite d'une nourriture purement animale, il a vu la quantité de sucre diminuer constamment. Ses recherches à ce sujet l'ont conduit à l'idée heureuse de faire fabriquer du pain presque entièrement composé de gluten, dont l'emploi paraît avoir présenté des avantages dans plusieurs hôpitaux de Paris.

Digitized by Google

On a désigné sous le nom de *diabète insipide* un état pathologique caractérisé par l'abondance des urines rendues, et leur pauvreté en matériaux solides. Cette altération de la sécrétion urinaire se distingue du diabète proprement dit par l'absence du glucose dans l'urine complétement insipide.

4505. Venons à l'étude de quelques autres altérations de l'urine. Quelques observateurs ont remarqué une coloration bleue de l'urine qu'ils ont attribuée dans quelques cas à du bleu de Prusse : cela me paraît au moins douteux. J'ai cependant pu vérifier que parfois il se forme des cyanures dans l'économie. Ainsi, dans le traitement d'une brûlure faite par la potasse caustique en fusion, j'ai vu les linges qui servaient au pansement se colorer en bleu ; la coloration était produite par des cyanures qui suintaient de la plaie, et ceux-ci, en contact avec le fer dont les linges se trouvaient accidentellement souillés, donnaient lieu à la formation du bleu de Prusse.

Je ne crois cependant pas que des phénomènes analogues puissent se passer dans l'urine.

Braconnot a donné le nom de cyanourine, à la matière qui colorait en bleu l'urine qu'il a examinée. La cyanourine est une poudre d'un bleu intense, sans odeur, sans saveur; peu soluble dans l'eau qu'elle colore en brun par l'ébullition. Les acides font passer cette couleur au rouge-rose. Elle est peu soluble dans l'alcool bouillant, dont elle se dépose, par le refroidissement, en une poudre bleue. La dissolution alcoolique a une couleur verdâtre. Les acides étendus la dissolvent ; les alcalis la précipitent de ces dissolutions à l'état de poudre bleue. L'acide nitrique la détruit et la transforme en acide carbazotique. Chauffée dans un tube bouché, elle se détruit également, cède du carbonate d'ammoniaque, des huiles empyreumatiques et laisse un résidu charbonneux.

La matière bleue qu'on rencontre dans les urines ne paraît pas toujours offrir les mêmes propriétés.

Spangenberg a trouvé qu'elle est insoluble dans l'eau chaude, l'alcool bouillant, l'acide chlorhydrique bouillant, les alcalis carbonatés ou caustiques. L'alcool et l'éther bouillants la dissolvent et se colorent en bleu. Il en est de même de l'acide sulfurique concentré; affaibli, il n'en dissout que peu.

Digitized by Google

D'après Granier et Delens, elle serait soluble dans l'eau.

Granier et Delens, Proust, Braconnot, Spangenberg, Marcet, ont décrit des urines plus ou moins noires.

Proust a donné le nom d'acide mélanique à une matière noire, trouvée dans l'urine. Cette matière se dissout dans les alcalis, en est précipitée par les acides. Ces dissolutions donnent, avec la plupart des sels métalliques, des précipités bruns.

Braconnot a donné le nom de mélanourine à une matière qu'il a trouvée dans l'urine, après en avoir séparé la cyanourine par le filtre; en chauffant cette urine, elle laissa déposer un corps si coloré qu'il paraissait noir. Ses propriétés se rapprochent beaucoup, d'ailleurs, de celles de la cyanourine.

450. Le sperme se rencontre parfois dans l'urine humaine, soit que celui-ci soit versé dans l'urèthre par l'effet d'une perte séminale involontaire, soit qu'il y arrive par les efforts que nécessite souvent la sortie des matières fécales, etc ; il peut même refluer vers la vessie, et s'y mélanger avec l'urine, lorsqu'il existe un rétrécissement plus ou moins considérable au dessous des orifices des conduits éjaculateurs. Il est toujours facile de reconnaître la présence du sperme par celle des animalcules qu'il contient: pour cela, on laisse reposer l'urine dans des éprouvettes longues et étroites; les animalcules, spécifiquement plus pesants que l'urine, se portent au fond; on décante et on examine le dépôt au microscope: ou bien, on passe l'urine sur un filtre, et on cherche les animalcules dans les dernières gouttes de liquide que l'on trouve à la pointe même du filtre.

L'absence des animalcules dans l'urine ne prouve pas toujours l'absence du sperme; car, dans certaines affections des parties génitales, on ne les rencontre plus dans le sperme. Chez les vieillards, par exemple, au lieu d'animalcules, on rencontre quelquefois des globules brillants, qu'on a pris pour des animalcules imparfaits.

L'humeur prostatique peut se trouver accidentellement mélangée à l'urine.

L'urine normale contient toujours une petite quantité de matières grasses. Il paraît que, dans certaines maladies, et notamment dans la phthisie, la proportion de graisse peut augmenter dans l'urine, et que des globules de matières grasses viennent parfois surnager ce liquide. C'est un

Digitized by Google

genre d'altération qu'il est toujours facile de constater à l'aide du microscope.

On a désigné sous le nom d'*urine chyleuse* une urine qui renferme, outre la matière grasse, une certaine quantité d'albumine. Elle est ordinairement trouble et même laiteuse, et laisse apercevoir sous le microscope des globules de matière grasse. La sécrétion de l'urine chyleuse coïncide presque toujours avec une altération particulière du sang, caractérisée par la présence d'un grand excès de graisse dans ce liquide.

Quelques observateurs ont même signalé l'existence du lait dans l'urine. Il faudrait, pour dissiper tous les doutes à cet égard, que les matériaux du lait eussent été signalés dans ce liquide, et caractérisés par des expériences précises. Il faudrait, de plus, que le liquide eût été recueilli de manière à ne laisser aucun soupçon de fraude.

CALCULS URINAIRES.

4507. Parmi les matériaux que renferme l'urine, il en est quelques-uns qui sont naturellement insolubles dans l'eau, et qui, dans certaines circonstances, peuvent se déposer dans la vessie et même dans les reins.

Ainsi, lorsqu'à la suite d'un trouble survenu dans les phénomènes de la nutrition, l'acide urique est sécrété en trop grande quantité pour pouvoir se dissoudre en totalité dans l'urine, il se sépare sous forme solide. Il est en de même des phosphates terreux, lorsque l'urine a perdu l'excès d'acide libre qui les retenait en solution. Dans certains cas, la sécrétion urinaire profondément altérée donne lieu à la formation accidentelle de produits insolubles, comme l'oxalate de chaux, ou plus rarement la cystine et la xanthine. Ces différents matériaux se déposent tantôt à l'état pulvérulent, sans prendre de cohérence, et sont rendus par le malade sous forme de *gravelles*, tantôt s'agglomèrent dans la vessie pour former des concrétions plus ou moins volumineuses connues sous le nom de *calculs*.

Habituellement, l'urine prise dans la vessie est sursaturée de produits insolubles et n'attend qu'une occasion pour les laisser déposer. Qu'un corps solide vienne à pénétrer dans la vessie et bientôt il deviendra le centre d'un calcul urinaire. C'est ce qui arrive souvent pour les fragments de calculs qui tombent des reins dans la vessie,

Digitized by Google

pour les corps qui sont introduits par l'urètre ou même pour ceux qui s'introduisent violemment dans la vessie, comme on l'a vu pour des balles. Cet état général des urines explique comment les calculs de la vessie ont presque tous pour noyau un calcul d'acide urique venu du rein. Il fait comprendre aussi pourquoi un calcul, une fois commencé, tend toujours à s'accroître.

Le même phénomène se présente chez les animaux. Que l'on introduise un calcul dans la vessie d'un chien, et bientôt il s'y couvrira de nouvelles couches.

Dès la plus haute antiquité, les calculs avaient attiré l'attention des médecins; mais ce n'est qu'aux travaux de Scheele, de Wollaston, de Fourcroy et Vauquelin, de Proust et de Marcet, que la science doit les notions précises qu'elle possède à leur égard.

Les principaux matériaux que l'on a rencontrés dans les calculs et les gravelles sont : l'acide urique, l'urate d'ammoniaque, le phosphate ammoniaco-magnésien, le phosphate de chaux, les carbonates de chaux et de magnésie, l'oxalate de chaux, la cystine, la xanthine, la silice et la fibrine. Souvent, ces matières sont en outre imprégnées de mucus, d'albumine et de matières animales analogues, qui leur servent en quelque sorte de ciment.

Les calculs se présentent, ordinairement, sous la forme de concrétions globuleuses un peu aplaties. Lorsqu'il y en a plusieurs dans la vessie, il arrive ordinairement que les surfaces de contact sont planes, et que le calcul devient polyédrique; ceux qui se déposent dans les uretères ont ordinairement une forme plus ou moins cylindrique. La couleur des calculs varie suivant les substances qu'ils renferment; ceux qui sont formés par les phosphates terreux sont presque incolores, tandis que d'autres sont colorés en gris ou en jaune, ou même en brun plus ou moins foncé.

Leur surface est tantôt lisse et polie, tantôt elle est rude et terreuse, et se laisse entamer facilement. Quelquefois même, elle présente des aspérités et des arêtes saillantes, comme on le remarque pour les calculs d'oxalate de chaux.

La pesanteur spécifique des calculs varie de 1, 2 à 1, 9. Quelquefois leur grosseur n'excède pas celle d'un grain de millet, et dans d'autres cas elle atteint celle d'un œuf. On

Digitized by Google

en a trouvé qui occupaient toute la capacité de la vessie et qui pesaient plusieurs livres.

La texture des calculs est très importante à considérer; tantôt, elle est homogène, plus ou moins compacte, terreuse ou cristalline; tantôt, elle présente des couches concentriques qui sont disposées autour d'un noyau central. Cette structure remarquable devient très apparente, lorsqu'à l'aide d'une scie on coupe le calcul par le milieu et qu'on polit la nouvelle surface. Ordinairement, la composition chimique des différentes couches varie, et le noyau central lui-même peut être formé par un corps accidentellement introduit dans la vessie.

4508. *Calculs uriques.* Les calculs d'acide urique sont ordinairement colorés en jaune brun ou rouge brun; très rarement, ils sont blancs ou d'un jaune-paille; leur surface est en partie lisse, en partie formée de mamelons usés. Leur cassure est peu cristalline; souvent même, elle est terreuse. Ils sont formés de couches concentriques qui se ressemblent par leur aspect, mais qui diffèrent dans leur épaisseur, et qui lui donnent l'aspect général du bois. C'est ordinairement un grain de gravelle urique provenant du rein ou une parcelle de mucus de la vessie qui en forme le noyau, autour duquel viennent se déposer successivement des couches d'acide urique impur, toujours mélangé d'un peu de mucus, de sels terreux, d'urates, et de la matière colorante de l'urine. On peut isoler la matière colorante à l'aide de l'acide acétique, qui la dissout. L'éther enlève toujours aux calculs d'acide urique et à la plupart des autres calculs quelque trace de matière grasse.

Il est très facile de reconnaître les calculs d'acide urique; ils sont insolubles dans l'alcool et l'éther : l'eau n'en dissout qu'une très petite quantité. La potasse caustique les dissout parfaitement, en laissant souvent un léger résidu de phosphate de chaux, et dégageant à peine une légère odeur d'ammoniaque. Les acides minéraux et les acides organiques un peu énergiques, comme l'acide acétique, forment dans cette dissolution alcaline un précipité gélatineux qui prend l'aspect de paillettes brillantes par le lavage. La potasse dissout aussi le mucus qui sert de ciment; il peut donc se faire que le précipité soit souillé de quelques traces de matières étrangères. L'acide nitrique dissout l'acide urique précipité. Par l'évaporation à siccité, à une cha-

Digitized by Google

leur modérée, la dissolution, légèrement colorée en jaune, laisse un résidu rouge, dont on peut aviver beaucoup la teinte en l'exposant à des vapeurs ammoniacales.

Chauffés sur une lame de platine, les calculs d'acide urique dégagent d'abord l'odeur de corne brûlée et celle de cyanogène; enfin, ils prennent feu et brûlent seuls. S'ils contenaient des urates alcalins, de l'oxalate de chaux ou des phosphates terreux, on trouverait dans les cendres des carbonates alcalins, de la chaux caustique ou des phosphates.

Pour faire l'analyse d'un calcul, on le dessèche parfaitement, et on l'épuise par l'éther, l'alcool et l'eau, pour en isoler successivement les matières grasses, les matières extractives et les urates solubles. Le résidu est traité par l'acide chlorhydrique étendu, qui dissout les phosphates terreux, et il reste de l'acide urique entièrement soluble dans la potasse, et qu'on dose facilement en précipitant cette solution par un acide, lavant et séchant le précipité.

Les calculs d'acide urique sont souvent mélangés d'une très grande quantité d'urate d'ammoniaque, et quelquefois ce sel constitue presque entièrement le calcul. L'existence des calculs d'urate d'ammoniaque a été signalée d'abord par Fourcroy et Vauquelin. Ils se comportent au feu comme les calculs d'acide urique; mais, quand on les dissout dans la potasse, ils laissent dégager une forte odeur d'ammoniaque. L'eau bouillante les dissout plus facilement que les calculs d'acide urique pur. Les acides leur enlèvent l'ammoniaque, et en séparent l'acide urique. Il est facile de constater la présence d'un sel ammoniacal dans le liquide séparé de l'acide urique.

En général, les calculs d'urate d'ammoniaque sont moins volumineux que les calculs d'acide urique pur; ils sont formés de couches concentriques, et leur noyau consiste ordinairement en acide urique.

On a rencontré, mais rarement, des calculs contenant une certaine quantité d'urate de soude. Wollaston a prouvé néanmoins que les concrétions arthritiques sont essentiellement formées par ce sel.

4509. *Calculs xanthiques.* Le docteur A. Marcet a le premier rencontré un calcul formé par le composé particulier auquel il a donné le nom d'oxyde xanthique. Nous en avons décrit les propriétés (4250), et nous avons fait

Digitized by Google

remarquer les relations qu'il présente dans sa composition avec l'acide urique. La formule de ce corps est : C^{10} Az^4 H^4 O^4, et ne diffère de celle de l'acide urique : C^{10} Az^4 H^4 O^6, que par deux équivalents d'oxygène en moins.

Cette espèce de calcul a été retrouvée depuis par Laugier et par Stromeyer. Sa surface est polie et luisante ou matte et terreuse, tantôt colorée en brun clair, tantôt blanchâtre. Sa cassure présente une couleur brune sans aucune apparence cristalline ou fibreuse. Il se compose de couches concentriques faciles à isoler; le frottement suffit pour lui donner un aspect poli et luisant. Sa dureté égale celle des calculs uriques.

Exposé à la flamme du chalumeau, il brûle sans résidu. Il se distingue des calculs d'acide urique par son insolubilité dans le carbonate de potasse, et parce qu'il se dissout dans l'acide nitrique avec une couleur jaune qui ne passe jamais au rouge par l'évaporation.

4510. *Calculs cystineux*. Les calculs de cystine sont moins rares que les précédents. Souvent, ils sont presque purs ou ne contiennent que des traces insignifiantes de matières étrangères; ordinairement, ils sont peu volumineux, arrondis et possèdent une couleur jaune. Leur surface est lisse et présente un aspect luisant et cristallin. Ils se distinguent des calculs précédents par leur solubilité dans les acides faibles. Lorsqu'on en dissout une portion dans l'ammoniaque et qu'on laisse évaporer la solution, la cystine se dépose en cristaux qui se présentent, sous le microscope, sous la forme de tables et de prismes à six pans.

4511. *Calculs phosphatiques*. Le phosphate de chaux pur ne constitue que très-rarement des calculs urinaires; il n'y a même guère que M. Wollaston qui en ait rencontré. Leur surface est polie et brunâtre; ils sont formés de lamelles concentriques, qui se séparent avec la plus grande facilité. La cassure de ces écailles est rayonnée et paraît formée de fibres parallèles. Le mucus de la vessie leur sert de ciment; aussi, quand on les chauffe, ils noircissent en répandant l'odeur de corne; le charbon se brûle, et à une température élevée, ils entrent en fusion. Il faut s'assurer, quand on remarque ce phénomène, si les calculs examinés sont exempts de phosphate de magnésie.

Ils se dissolvent d'ailleurs dans les acides.

Digitized by Google

Le phosphate double d'ammoniaque et de magnésie, ne se rencontre jamais pur dans les calculs urinaires; mais il en forme souvent la majeure partie. Ces calculs sont presque toujours blancs, leur surface est raboteuse et garnie de petits points brillants. Leur structure n'est jamais lamelleuse; ils sont faciles à pulvériser. Dans quelques cas rares, on les trouve durs, à cassure cristalline. Les acides les dissolvent, et les alcalis précipitent ces dissolutions, en régénérant le sel primitif. La potasse caustique en dégage de l'ammoniaque. Chauffés sur une feuille de platine, ils noircissent en dégageant de l'ammoniaque, et finissent par fondre en un émail ou en un globule rouge, lorsqu'on ajoute du nitrate de cobalt avant la fusion.

4512. *Calculs fusibles.* Les calculs que l'on rencontre le plus fréquemment après les calculs d'acide urique, sont formés par un mélange de phosphate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien. Ils sont ordinairement arrondis ou légèrement allongés. Leur surface est souvent lisse, rarement cristalline, et elle est colorée en blanc, en gris ou en jaune pâle. Leur cassure est peu compacte et nullement lamelleuse; elle présente souvent de petites cavités tapissées par des cristaux brillants de phosphate ammoniaco-magnésien. Ils prennent quelquefois un volume très-considérable, mais leur densité est en général moindre que celle des autres calculs. Chauffés sur une lame de platine, ils noircissent en dégageant de l'ammoniaque. A une température élevée, ils entrent en fusion; leur fusibilité tend à diminuer, à mesure qu'augmente la proportion de phosphate de chaux qu'ils renferment. Un grand excès de sel magnésique les rend également moins fusibles.

Lorsqu'on les traite par l'acide acétique étendu, le phosphate ammoniaco-magnésien se dissout et peut en être précipité par l'ammoniaque. Au contraire, la plus grande partie du phosphate de chaux reste dans le résidu, qui se dissout complétement dans l'acide chlorhydrique; si l'on ajoute de l'ammoniaque à cette dissolution pour la neutraliser autant que possible, et qu'on y verse ensuite de l'oxalate d'ammoniaque, on en précipite la chaux à l'état d'oxalate.

La liqueur, filtrée et sursaturée d'ammoniaque, donne avec le chlorure de magnésium un précipité renfermant de

Digitized by Google

l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

4513. *Calculs carbonatés.* Les calculs, exclusivement formés par le carbonate de chaux, sont très-rares et se rencontrent surtout chez les herbivores. Ils sont blancs ou gris, quelquefois jaunes, bruns ou rouges. Leur coloration est due à la présence d'une matière animale étrangère, qui se charbonne par l'action du feu. Ils sont d'ailleurs faciles à reconnaître à la propriété qu'ils ont de faire effervescence avec les acides, et de laisser un résidu de chaux caustique, lorsqu'on les calcine fortement.

Plus fréquemment, il arrive que le carbonate de chaux se trouve mêlé aux matériaux plus ordinaires des calculs. On a parfois rencontré d'anciens calculs de phosphates terreux recouverts d'une couche mince de carbonate de chaux. Proust a rencontré un calcul dont la surface extérieure était formée par un mélange d'oxalate et de carbonate de chaux, la couche suivante par du phosphate et du carbonate de chaux, et la troisième par du phosphate de chaux. Brugnatelli affirme avoir trouvé dans un calcul du carbonate et de l'oxalate de chaux, mélangés à du benzoate d'ammoniaque; ce dernier sel étant soluble dans l'eau, il est difficile de s'expliquer comment il a pu se déposer dans l'urine.

Le carbonate de magnésie se rencontre rarement en quantité notable dans les calculs de carbonate de chaux. M. Berzélius admet cependant qu'il y existe toujours, et il cite une analyse de M. Lindbergson, qui a signalé dans un calcul 62,55 p. 0/0 de carbonate de magnésie.

4514. *Calculs muraux.* Parmi les calculs les plus fréquents, il faut citer encore ceux qui sont formés par l'oxalate de chaux. Leur surface est ordinairement raboteuse, hérissée de mamelons ou d'aspérités qui leur donnent une forme toute particulière, analogue à celle des mûres. De là, le nom de calculs muraux. La grosseur de ces calculs varie depuis celle d'un grain de chenevis jusqu'au volume d'un œuf de pigeon. Ils présentent, surtout quand ils sont volumineux, une couleur brune, quelquefois même noirâtre. On attribue cette coloration à la matière colorante du sang qui, par suite de l'irritation entretenue par les aspérités de ces calculs, suinte constamment dans la vessie. En effet,

Digitized by Google

l'hématurie n'a souvent d'autre cause que l'existence de ces calculs mûraux.

Leur cassure est ordinairement compacte et granuleuse. Quelquefois, elle présente, d'après M. Berzelius, une agglomération de cristaux. Leur densité est considérable. Ils renferment ordinairement une très-grande quantité de matière organique. Chauffés sur une lame de platine, ils se gonflent et se charbonnent; après l'incinération, il reste un résidu de chaux caustique, si la température a été assez élevée.

L'acide chlorhydrique les dissout, ce qui les distingue des calculs d'acide urique; les carbonates alcalins les attaquent également, en les transformant en carbonate de chaux.

Il paraît, d'après certains auteurs, que les enfants sont surtout sujets à ces calculs.

4515, *Calculs fibrineux*. Le docteur A. Marcet a rencontré un calcul d'une composition très-remarquable. Il renfermait une matière insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, soluble dans la potasse et dans l'acide acétique bouillant; le prussiate de potasse la précipitait de cette dissolution. Marcet regardait cette substance comme identique avec la fibrine. Le calcul dont il s'agit avait d'ailleurs l'aspect et la consistance de la cire jaune et était jusqu'à un certain point élastique.

4516. *Calculs siliceux*. Fourcroy et Vauquelin ont trouvé de la silice dans deux calculs dont le premier n'en renfermait que très-peu, et dont le second était formé par un noyau contenant 66 p. 100 de silice et 34 p. 100 de matière animale. On a également rencontré de la silice dans des graviers rendus par une femme.

M. Boussingault a fait l'analyse d'un calcul d'une composition extraordinaire: il pesait 17 grains. Sa forme était irrégulière, lamelleuse en quelques endroits; il avait été rendu par une dame de Bogota, et renfermait:

Peroxyde de fer	38,8
Alumine	23,0
Silice	17,3
Chaux	8,0
Eau	10,9

L'absence totale de matière organique dans ce calcul

Digitized by Google

est extraordinaire, et l'analogie de sa composition avec celle d'un minerai de fer en grains fait supposer qu'il avait été introduit accidentellement dans la vessie.

Telle est la composition des différents calculs qu'on a rencontrés chez l'homme. On les a divisés en calculs simples et en calculs composés, suivant qu'ils renferment un seul ou plusieurs des matériaux que nous avons énumérés. Les calculs composés peuvent être mixtes ou alternants, c'est-à-dire formés par un mélange homogène de plusieurs principes ou par des stratifications alternatives formées par des couches dont la composition chimique varie.

Quant à leur fréquence, on a trouvé sur 1000 échantillons :

372 calculs formés par l'acide urique seul ou mélangé d'une petite quantité d'urate d'ammoniaque et d'oxalate ou de phosphate de chaux.

253 calculs formés par des phosphates terreux (calculs fusibles).

233 calculs formés par des couches alternatives d'acide urique, d'oxalate de chaux et de phosphates terreux.

142 calculs formés par l'oxalate de chaux.

4517. *Calculs des animaux.* Les animaux eux-mêmes sont sujets aux calculs.

Chez les chats, on a trouvé des calculs de phosphate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien.

On a trouvé dans les calculs urinaires des chiens de l'acide urique, des phosphates terreux, de l'oxalate de chaux et même de la cystine.

M. Lassaigne a analysé un calcul de chien qui renfermait 97,5 de cystine et 2,5 de phosphate ou d'oxalate de chaux.

Chez les rats, on rencontre très-souvent des calculs formés par un mélange de carbonate de chaux, de phosphate et d'oxalate de chaux.

Les calculs que l'on trouve chez les herbivores sont formés par des phosphates, toujours mélangés de quantités plus ou moins considérables de carbonate de chaux. Souvent même, ce dernier sel les constitue presque en entier.

Klaproth a analysé un calcul provenant du grand esturgeon. Il renfermait, outre le phosphate de chaux, des traces de sulfate de chaux et un peu d'albumine.

Digitized by Google

4518. Dans le traitement des calculs urinaires, on a cherché à mettre en usage des moyens chimiques; on a préconisé l'emploi de divers dissolvants pris à l'intérieur ou injectés immédiatement dans la vessie. Si l'on se rappelle la structure complexe de certains calculs et la nature variée des matériaux qui entrent dans leur composition, on comprendra sans peine que le même dissolvant ne convienne pas dans tous les cas. Les calculs formés par l'acide urique ou les urates exigeront l'emploi de dissolutions alcalines, tandis que ceux qui sont formés par les phosphates terreux ne pourront se dissoudre que dans des liqueurs acides. De là, la nécessité de connaître la nature du calcul avant d'appliquer le traitement. La composition de l'urine elle-même peut guider dans cette recherche. Une urine habituellement alcaline aura probablement donné lieu à des dépôts de phosphates, tandis que l'acidité de cette liqueur sera plutôt un indice en faveur de l'existence d'un calcul urique.

S'agit-il de dissoudre un calcul formé de phosphates terreux, on a pensé à injecter dans la vessie une dissolution très-étendue d'acide nitrique ou d'acide chlorhydrique. Il faut l'avouer, cependant, cette pratique est inefficace dans la plupart des cas, et souvent même elle est dangereuse. On aurait encore moins de chances de succès, si l'on essayait d'administrer des acides à l'intérieur. On sait en effet que les acides minéraux ne passent pas dans les urines et que les acides organiques sont toujours décomposés dans l'économie.

Pour dissoudre les calculs formés par l'acide urique, on a conseillé, depuis longtemps, l'administration de liqueurs alcalines, par exemple, de dissolutions étendues de carbonate ou de bicarbonate de soude ou même de borax. C'est ainsi que l'emploi des eaux de Vichy a paru à quelques médecins, présenter des avantages réels dans le traitement des calculs; mais ces avantages sont niés par d'autres. Il paraît, du moins, qu'on les a vus quelquefois devenir moins cohérents et plus friables.

Les dissolutions alcalines peuvent être employées surtout à titre de moyen prophylactique. Non-seulement, elles dissoudront l'excès d'acide urique qui tend à se former dans l'économie, mais elles pourront peut-être en prévenir la formation.

Digitized by Google

En discutant les causes de la chaleur animale, nous avons constaté, en effet, que c'est par l'intervention des bases que les phénomènes de combustion s'accomplissent dans l'économie, et que des produits qui, sans leur présence, seraient incapables d'absorber l'oxygène, l'enlèvent complétement à l'air sous l'influence des bases. Dans le traitement des gravelles uriques, les bases agiraient donc, soit comme dissolvant une portion de cet acide, soit en empêchant la transformation des matériaux azotés de l'économie en acide urique par une combustion plus avancée qui les transformerait en urée.

Ajoutons, toutefois, qu'en rendant les urines alcalines, on s'expose à favoriser généralement la production des acides, et par suite celle de l'acide urique lui-même. Disons même que, d'après M. Prunelle, tel semblerait être l'effet des eaux de Vichy. Mes propres observations me portent à penser le contraire.

D'après l'action que les alcalis exercent sur l'urine acide normale, on a été disposé à conclure que l'usage de l'eau de Vichy ou celui du carbonate de soude peut donner lieu à la formation de calculs de phosphates terreux. Cette crainte est-elle bien fondée? Si l'urine est sécrétée par le rein avec une réaction alcaline, d'où lui viendraient les phosphates, et pourquoi les déposerait-elle dans la vessie?

Un régime excitant favorise beaucoup la formation des calculs d'acide urique. On comprend en effet qu'une alimentation trop succulente, en introduisant dans l'économie un excès de matières azotées, pourra donner naissance à la formation d'une trop grande quantité d'acide urique. A cela il faut ajouter que l'abus des boissons alcooliques et des aliments gras pourra encore favoriser la production de cet acide, en empêchant l'oxydation complète des matériaux azotés du sang. Par une raison analogue, les occupations sédentaires prédisposent aux calculs d'acide urique. On a prétendu que, chez des personnes qui, après avoir quitté la ville s'étaient livrées à la campagne à un genre de vie plus actif, l'acide urique avait cessé de se déposer dans la vessie, pour faire place à de l'oxalate de chaux. Sous l'influence d'un excès d'oxygène, l'acide urique peut en effet se transformer en urée et en acide oxalique. Nul doute que si la respiration et par suite l'absorption d'oxygène avaient

Digitized by Google

de plus active encore l'acide oxalique n'eut disparu à son tour pour se transformer en acide carbonique.

Toutefois, quant aux calculs d'oxalate de chaux, on admet généralement que leur formation est due à l'acide oxalique ou aux oxalates provenant des aliments. Nous avons vu en effet que ces corps pouvaient passer dans les urines. Les personnes qui sont sujettes à ces calculs doivent par conséquent s'abstenir de prendre, comme aliments, des plantes qui, telles que l'oseille, renferment des oxalates.

Urine des animaux.

4519. Mammifères carnivores. La composition de l'urine des mammifères carnivores se rapproche beaucoup de celle de l'homme lui-même, par la nature des corps qui s'y rencontrent, en général, cependant, elle contient moins d'eau et se montre conséquemment plus dense. D'après Vauquelin, l'urine du lion et du tigre est alcaline; elle ne renferme ni phosphates, ni acide urique.

D'après Hieronymi, au contraire, l'urine de ces animaux est transparente, d'un jaune clair; son odeur est forte et désagréable, sa saveur amère et nauséabonde; elle manifeste une réaction acide, qui disparaît, au bout de quelque temps, pour faire place à une réaction alcaline, due à un dégagement d'ammoniaque. Sa pesanteur spécifique varie de 1,059 à 1,076. Elle a donné à l'analyse :

Eau		846,1
Urée, extrait alcoolique et acide lactique	152,2	
Acide urique	0,22	
Mucus	5,1	
Sulfate de potasse	1,2	
Sel ammoniac, avec un peu de chlorure de sodium	4,16	153,9
Phosphates terreux	1,76	
Phosphates de potasse et de soude	8,02	
Phosphate d'ammoniaque	1,02	
Lactate de potasse	5,50	
	155,98	1000,0

4520. Mammifères herbivores. L'urine des herbivores renferme également de l'urée, quoiqu'en quantité beaucoup moindre; mais au lieu d'acide urique, on y trouve de l'acide hippurique. Mais ce qui la distingue essentiellement

Digitized by Google

de l'urine de l'homme, c'est qu'elle présente une réaction alcaline.

Cheval. L'urine de cheval a été analysée récemment par M. de Bibra. Elle était alcaline et laissait déposer au bout de quelques minutes, une matière blanche jaunâtre principalement formée de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

La densité de cette urine était en moyenne de 1,045 et la quantité de matière solide y variait de 12,5 à 8,5 p. 0/0; l'acide hippurique y variait également de 1,5 à 0,5 p. 0/0. Elle contenait :

Eau	885,09	912,84
Matière extractive soluble dans l'eau	21,32	19,25
— — alcool	25,50	18,26
Sels solubles dans l'eau	23,40	40,00
Sels insolubles dans l'eau	17,80	
Urée	12,44	8,36
Acide hippurique	12,60	1,23
Mucus	0,05	0,06
	1000,00	100,00

Le résidu salin renfermait, outre les carbonates terreux, 40 à 50 pour 0/0 de carbonates alcalins.

M. Bibra n'a point observé le fait généralement admis que l'acide hippurique renfermé dans l'urine d'un cheval en repos, se trouve remplacé pendant le travail de l'animal par du benzoate d'ammoniaque.

M. Boussingault a fait l'analyse de l'urine d'un cheval nourri au trèfle vert et à l'avoine; il y a trouvé :

Urée	31,00
Hippurate de potasse	4,74
Lactate de potasse	11,28
Bicarbonate de potasse	15,50
Lactate de soude	8,81
Carbonate de chaux	10,81
Carbonate de magnésie	4,16
Sulfate de potasse	1,18
Chlorure de sodium	0,74
Silice	0,01
Phosphates	0,00
Eau et matières indéterminées	910,76
	1000,00

Digitized by Google

Cheval diabétique. Voici deux analyses d'urine de cheval diabétique, faites par MM. John et Lassaigne :

	John.	Lassaigne.
Eau	948,50	980,0
Extrait aqueux et alcoolique.	33,30	
Urée	33,30	
Mucus avec un peu de carbonate de chaux	0,80	15,0
Acide hippurique	1,40	
Chlorure de potassium	traces.	
Urates de chaux et de potasse.	0,14	
Phosphate de chaux	0,70	
Carbonates de chaux et de magnésie	3,92	
Oxydes de fer et de manganèse.	traces.	
Sulfates, phosphates et chlorures alcalins	11,40	
Sulfate de potasse	....	5.0
	1000,0	1000,0

Bœuf. L'urine de bœuf a été analysée par Sprengel, qui y a trouvé :

Eau	928,21
Urée	40,00
Albumine	0,10
Mucus	1,90
Acide benzoïque	0,90
— lactique	5,16
— carbonique	2,50
Potasse	6,64
Soude	5,54
Silice	0,36
Alumine	0,04
Oxyde de manganèse	0,01
Chaux	0,65
Magnésie	0,36
Chlore	2,72
Acide sulfurique	4,05
Phosphore	0,70
	1000,00

Digitized by Google

Une analyse plus récente de l'urine du bœuf, est due à M. Bibra, qui y a trouvé :

	I.	II.
Eau	912,01	923,10
Matières extractives solubles dans l'eau	22,48	16,43
Matières insolubles dans l'alcool	14,21	10,20
Sels solubles dans l'eau	24,42	25,77
Sels insolubles	1,50	2,22
Urée	19,76	10,22
Acide hippurique	3,55	12,00
Mucus	0,07	0,06
	1000,00	1000,00

On doit à M. Boussingault une analyse complète de l'urine d'une vache qui avait été nourrie avec du regain et des pommes de terre. Voici les résultats qu'il a obtenus :

Urée	18,48
Hippurate de potasse	16,51
Lactate de potasse	17,16
Bicarbonate de potasse	16,12
Carbonate de magnésie	4,74
Carbonate de chaux	0,54
Sulfate de potasse	3,60
Chlorure de sodium	1,52
Silice	traces.
Acide phosphorique	0,00
Eau et matières indéterminées	921,00
	1000,00

Le résidu salin renfermait 77 p. 0/0 de carbonate de potasse.

Chèvre. L'urine de chèvre est limpide, d'une odeur particulière, assez pénétrante, d'une densité de 1,009 à 1,008 et possède, comme les précédentes, une réaction alcaline.

Elle renferme d'après M. Bibra.

Eau	980,07	983,99
Matières extractives solubles dans l'eau	1,00	0,56
Matières extractives solubles dans l'alcool	4,54	4

Digitized by Google

Sels solubles dans l'eau.....	0,80	0,40
Urée.....	3,78	0,76
Acide hippurique.....	1,25	0,88
Mucus.....	0,06	0,05
	1000,00	1000,00

100 parties du résidu salin renfermaient 33 parties de carbonate de soude.

Chameau. L'urine de chameau a été analysée par M. Brande; 95 parties de ce liquide renferment :

Eau.....	75
Phosphate de chaux.....	6
Sel ammoniac.....	
Sulfate de potasse.....	
Urate de potasse.....	
Chlorure de sodium.....	8
Urée.....	6
	95

M. Chevreul, à qui l'on doit également une analyse de cette urine, n'y a rencontré ni acide urique, ni phosphates. Il l'a trouvée très-riche en urée, et y a constaté la présence du carbonate de chaux, du carbonate de magnésie, du sulfate de potasse, du chlorure de potassium, du carbonate de potasse, du chlorure de sodium, de l'hippurate de soude, du carbonate de soude, du sulfate de soude, et de quelques traces d'oxyde de fer.

Cochon. M. Boussingault vient de publier une analyse détaillée de l'urine d'un cochon nourri avec des pommes de terre. Il a trouvé dans 1000 parties de ce liquide :

Urée.....	4,90
Bicarbonate de potasse.....	10,74
Carbonate de magnésie.....	0,87
Carbonate de chaux.....	traces.
Sulfate de potasse.....	1,98
Phosphate de potasse.....	1,02
Chlorure de sodium.....	1,28
Lactate alcalin.....	indéterminé.
Acide hippurique.....	0,00
Silice.....	0,07
Eau et matières organiques indéterminées.....	979,14
	1000,000

Digitized by Google

L'urine de cochon analysée par M. Bibra, était limpide, presqu'inodore, d'une densité de 1,012 à 1,010 et possédait une réaction alcaline.

Elle renfermait:

	I.	II.
Eau	981,96	982,57
Matières extractives solubles dans l'eau	1,42	1,12
Matières extractives solubles dans l'alcool	3,87	3,99
Sels solubles dans l'eau	9,09	8,48
Urée	2,72	2,97
Mucus	0,05	1,07
	1000,00	1000,00

Les cendres renfermaient 12,1 p. 0/0 de carbonate de potasse, 53,1 p. 0/0 de chlorure de sodium, 7,0 de sulfate de soude et 27,8 de phosphates.

Lièvre. L'urine de lièvre est alcaline et contient une très petite quantité d'acide hippurique; ordinairement elle est trouble et dépose une matière blanchâtre, globuleuse, principalement formée de phosphate de magnésie; sa densité est de 1,050.

1000 parties de cette urine renferment, d'après l'analyse de M. Bibra :

Eau	912,86
Matières extractives solubles dans l'eau	32,68
Matières extractives solubles dans l'alcool	9,58
Sels solubles dans l'eau	23,70
Sels insolubles dans l'eau	12,64
Urée	8,54
	1000,00

Le résidu salin renfermait 8,73 de carbonate alcalin et une proportion considérable de phosphates (39 pour 0/0).

Castor. Dans l'urine du castor, Vauquelin a retrouvé la matière colorante de l'écroce de saule dont ces animaux se nourrissent.

4521. Oiseaux. L'urine des oiseaux est formée par un mélange de parties solides et liquides, qui se réunissent

Digitized by Google

dans une cavité particulière, nommée *cloaque*. Elle constitue une bouillie blanche, quelquefois verdâtre, qui ne tarde pas à se solidifier à l'air, et qui est particulièrement formée d'urate acide d'ammoniaque. L'urine des oiseaux de proie renferme en outre de l'urée et une matière colorante verte. D'après J. Davy, l'urine des perroquets présente une composition analogue à celle des serpents.

Si l'on considère le grand développement du système respiratoire chez les oiseaux, et l'activité des phénomènes de combustion qui doit en être la conséquence, on peut s'étonner que leur urine renferme une quantité si considérable d'acide urique.

Nous avons vu, en effet, que l'on peut envisager ce produit comme le résultat d'une oxydation moins avancée, d'une combustion imparfaite des matériaux azotés de l'organisme. Il semble au premier abord qu'il y ait contradiction entre ces deux faits.

Il suffit pour la faire disparaître, de rappeler une expérience que vient de faire M. Boussingault, et par laquelle il a prouvé qu'une tourterelle perd une quantité considérable d'azote à l'état de gaz. Si, donc, une partie des matériaux azotés ne subit, dans l'organisme des oiseaux, qu'une oxydation incomplète, cet effet est compensé et l'équilibre se trouve rétabli par l'oxydation bien plus avancée que subit une autre partie de ces mêmes matériaux sous l'influence de la respiration, en se transformant en acide carbonique et en azote.

D'ailleurs, on sait que le sang des oiseaux est remarquablement riche en matériaux organiques, et qu'en conséquence pour la même proportion d'oxygène, il contient plus de combustible.

4525. Guano. On rencontre sur les îles et sur les rochers qui bordent la côte de l'Amérique méridionale, entre le 13e et le 21e degré de latitude australe, des dépôts très-abondants d'une matière animale formée par les excréments des oiseaux innombrables, qui habitent ces régions solitaires. Cette matière est connue sous le nom de *guano*, et forme des couches qui ont souvent plus de 20 mètres d'épaisseur. Les habitants du Pérou s'en servent depuis au moins douze ou treize siècles pour amender le sol stérile qui forme les côtes de ce pays.

De nos jours, le guano est devenu l'objet d'un commerce très-actif entre l'Europe et l'Amérique. Cette matière est

Digitized by Google

en effet, en raison de la grande quantité d'azote qu'elle renferme, un des engrais les plus avantageux.

On a distingué plusieurs variétés de guano, qui diffèrent par leur couleur. Le guano blanc est le plus estimé; quand il est coloré en rouge ou en brun, il constitue une qualité inférieure. On doit à Fourcroy et à Vauquelin les premières analyses qui aient été faites sur cette matière; l'échantillon qu'ils ont examiné avait été rapporté en 1806 par M. de Humboldt, et renfermait :

De l'acide urique.
De l'acétate d'ammoniaque.
Du chlorhydrate d'ammoniaque.
De l'acétate de potasse.
Des phosphates de potasse et de chaux.
Du chlorure de potassium.
Une matière grasse.
Du sable.

Klaproth a également publié une analyse du guano. Il y a trouvé :

Urate d'ammoniaque	16,00
Oxalate de chaux	12,75
Chlorure de sodium	0,50
Phosphate de chaux	10,00
Argile et sable	32,00
Matières indéterminées	28,75
	100.00

Plus récemment, M. Vœlkel a analysé la même matière. Un échantillon, encore humide, d'un brun-jaunâtre et répandant une odeur urineuse, a donné :

Urate d'ammoniaque	9,0
Oxalate d'ammoniaque	10,6
— de chaux	7,0
Phosphate d'ammoniaque	6,0
— ammoniaco-magnésien	2,6
Sulfate de potasse	5,5
— de soude	3,8
Sel ammoniac	4,2
Phosphate de chaux	14,3
Argile et sable	4,7
Eau, traces d'un sel de fer et matières indéterminées	32,3
	100,0

Digitized by Google

4524. REPTILES. L'urine des serpents constitue une bouillie blanche très-épaisse, qui se solidifie bientôt à l'air, et qui est essentiellement formée d'acide urique et d'urates de potasse, de soude et d'ammoniaque. On y trouve, en outre, une petite quantité de phosphate de chaux. Elle ne paraît pas renfermer d'urée.

Les serpents rendent à peu près tous les mois cette urine par masses assez volumineuses pour les grosses espèces. Les chimistes ont souvent recours à cette source pour se procurer l'acide urique nécessaire à leurs expériences.

Les sauriens fournissent à peu près le même produit.

Il n'en est pas de même des batraciens. L'urine de la grenouille commune m'a offert de l'urée accompagnée d'albumine ; on peut dire que l'albuminurie constitue l'état normal de ces animaux.

D'après J. Davy, l'urine de la grenouille taureau (*rana taurina*) est un liquide dont la pesanteur spécifique est de 1,003, et qui renferme du chlorure de sodium, de l'urée, et un peu de phosphate de chaux. Celle du crapaud brun (*bufo fuscus*) ne diffère de la précédente que par une proportion un peu plus considérable d'urée.

Les chéloniens fournissent également une urine contenant de l'urée.

4525. Chez les mollusques, on a constaté la production de l'acide urique.

Il en est de même chez les insectes, du moins dans la cantharide, le papillon du ver à soie, etc. Lorsque le papillon du ver à soie quitte sa coque, on le voit répandre une liqueur brune qui consiste essentiellement en acide urique.

APPENDICE A L'URINE.

Purrée et acide purrique.

ERDMANN, *Journ. für prakt. chem.*
DUMAS, *Observations inédites.*

4526. On rencontre depuis quelques années dans le commerce une substance particulière connue sous le nom de *purrée*. Elle est originaire des Indes et de la Chine d'où elle est importée en Angleterre, pour servir à la préparation du *jaune indien*. Elle se présente sous forme de morceaux arrondis, dont le poids excède rarement 100 à 120 grammes.

Digitized by Google

Ils sont bruns à l'extérieur; mais leur cassure offre une teinte d'un jaune orange très-riche. Les opinions sont partagées relativement à son origine. Les uns pensent qu'elle constitue de véritables bezoards, tandis que d'autres affirment qu'elle se dépose, à certaines époques de l'année, de l'urine des chameaux, des éléphants, des buffles et d'autres grands animaux, et que sa formation est subordonnée à une altération particulière que des pluies longtemps prolongées font subir à la nourriture de ces animaux. Cette dernière opinion est confirmée par l'odeur urineuse qu'exhale cette matière.

Tout récemment, M. Erdmann a attribué au purrée une origine tout-à-fait différente. Ce chimiste pense que ce produit n'est que le suc d'un arbre neutralisé par la magnésie et réduit par l'évaporation.

Le purrée se dissout peu dans l'eau et dans l'alcool; ses dissolutions sont neutres : l'éther le dissout un peu : quand on évapore la dissolution éthérée, il reste une matière jaune brillante et cristalline qui possède une réaction acide. Les alcalis caustiques dissolvent une portion du purrée : les dissolutions ont une couleur d'un jaune très-riche. Le purrée laisse une quantité conaidérable de cendres, principalement formées de magnésie, d'un peu de potasse et de chaux, mais exemptes de phosphates.

Quand on délaye le purrée dans l'eau et qu'on ajoute à la pâte de l'acide chlorhydrique, il s'en sépare une matière jaunâtre qui donne naissance à une bouillie cristalline. C'est l'acide purréique qui constituait un sel avec la magnésie.

Cet acide se dissout dans les alcalis, en est précipité par les acides, se dissout dans l'eau et l'alcool bouillants, et cristallise par le refroidissement des liqueurs, ce qui fournit les moyens de le purifier facilement.

L'acide purréique retient souvent de la magnésie. Pour le purifier, M. Erdmann le dissout dans du carbonate de soude, et sursature la liqueur filtrée par un excès d'acide chlorhydrique. L'acide purréique se dépose en cristaux que l'on redissout dans l'eau. Cette solution est traitée par l'acétate de plomb ; le précipité, décomposé par l'hydrogène sulfuré, est repris par l'eau bouillante. Les cristaux qui se déposent n'offrent plus alors qu'une teinte légèrement jaune. Pour les purifier, on les fait cristalliser cinq

Digitized by Google

ou six fois dans l'alcool. Après ces divers traitements, ils ne contiennent plus que des traces de magnésie qu'il est impossible de leur enlever.

L'acide purréique renferme :

C^{20}	1500	55,3
H^{9}	112	4,2
O^{11}	1100	40,5
	2712	100,0

L'acide purréique, à peine soluble dans l'eau froide, se dissout mieux dans l'eau bouillante, et se dépose par le refroidissement en aiguilles d'un jaune pâle, soyeuses et déliées.

Les alcalis, mais surtout l'ammoniaque, jouissent de la propriété de colorer sa dissolution en jaune foncé.

Le meilleur dissolvant de l'acide purréique est l'alcool; l'éther le dissout également. Il possède une saveur sucrée et son arrière-goût est légèrement amer. Son aspect extérieur le rapproche beaucoup de la berberine, qui est cependant moins colorée.

Le purrée du commerce contient environ 50 pour 100 d'acide.

Les sels d'argent, de chaux, de baryte, de strontiane, de magnésie, ne sont pas précipités par l'acide purréique; il produit un précipité jaune foncé dans une solution d'acétate de plomb.

Une dissolution de cet acide neutralisée par un alcali donne des précipités avec les sels d'argent, de chaux, de baryte, de magnésie, etc. Tous ces précipités sont floconneux, un peu solubles, et ne présentent pas, en général, une composition constante.

Le sel de plomb, préparé en précipitant une dissolution alcoolique d'acétate de plomb par une dissolution alcoolique d'acide, renferme :

$$C^{20} H^{9} O^{11}, Pb O.$$

L'acide, chauffé à plus de 100°, fond et se sublime en partie.

Pour faire cette distillation, on peut employer la méthode que Mohr a mis en usage pour la préparation de l'a-

Digitized by Google

cide benzoïque, et qui consiste à faire passer les vapeurs à travers une feuille de papier gris, collée sur le vase dans lequel se fait la sublimation. Les cristaux qu'on obtient ainsi sont neutres et peu solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther. Leur dissolution alcoolique ne donne de précipité qu'avec le sous-acétate de plomb.

Ils renferment :

			Expérience.		
C^{13}...	975	68,4	67,95	67,32	68,2
H^{4}....	50	3,6	3,59	3,62	3,7
O^{4}....	400	28,0	28,46	28,46	28,1

Ils diffèrent, par conséquent, par leur composition et par leurs propriétés, de l'acide purréique dont ils dérivent.

CHAPITRE VI.

BILE.

THÉNARD, *Mémoires d'Arcueil*, t. I, p. 23 et 46.

BERZELIUS, *Analyse de la bile du bœuf*, 1807; et *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. XXXIII, p. 139.

TIEDEMANN et GMELIN, *Die Verdauung nach Versuchen*. Heidelberg, 1826.

BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XLII, p. 177.

DEMARÇAY, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXVII.

LIEBIG, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. XLVII, p. 1.

KEMP, *Journ. für prakt. Chemie*, t. XXVIII, p. 1.

THEYER et SCHLOSSER, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. L, p. 235.

1527. La bile offre un intérêt particulier, soit qu'on la considère comme produit de sécrétion, soit qu'on l'envisage comme intervenant dans l'acte de la digestion.

Les anciens avaient comparé la bile à un savon; les recherches faites par MM. Berzelius et Thénard, mais surtout celles que l'on doit à MM. Gmelin et Tiedemann, en faisant connaître une série nombreuse de produits retirés de la bile, avaient effacé peu à peu l'idée si simple qu'on s'en était faite

de la nature de ce liquide, lorsqu'il y a quelques années M. Demarçay fut amené, par une nouvelle étude de la bile, à reproduire l'opinion énoncée par les anciens chimistes.

Depuis, M. Berzélius a publié un long travail sur la bile, dans lequel il a appelé l'attention des chimistes sur plusieurs acides et corps nouveaux que ce liquide peut fournir à l'analyse, soit qu'ils préexistent dans la bile, soit qu'ils résultent des métamorphoses si faciles et si nombreuses du principe essentiel de cette sécrétion.

Nous suivrons dans notre exposé le travail de M. Demarçay, dont les principaux résultats viennent d'être confirmés par M. Liebig, et auquel les recherches récentes de MM. Theyer et Schlosser n'ont apporté que peu de changements.

La bile est un liquide visqueux, filant, ordinairement coloré en vert foncé; sa saveur est amère d'abord, et laisse un arrière-goût fade et douceâtre.

Elle se dissout dans l'eau, en formant une liqueur qui mousse comme de l'eau de savon.

Elle est souvent troublée par du mucus, qui se précipite en partie, tandis qu'une autre portion reste en dissolution; l'acide chlorhydrique, et en général un acide quelconque, ajouté en très petite quantité à la bile, suffit pour le précipiter complétement; il est d'ailleurs étranger à sa composition et ne s'y trouve qu'accidentellement.

La bile ne se coagule pas par l'ébullition.

Abstraction faite de quelques principes que l'on peut regarder comme accessoires, la bile est essentiellement formée par la combinaison d'un acide azoté particulier avec la soude: c'est du choléate de soude.

Elle doit sa coloration à une matière verte, mélangée d'une matière jaune, qui peut-être n'est qu'une modification de la première. Lorsqu'on traite cette matière colorante par l'acide nitrique, elle produit une réaction caractéristique. La liqueur, d'abord verte, devient bleue-violette, puis rouge, et ce changement de couleur s'accomplit dans l'espace de quelques secondes. La couleur rouge ne tarde pas à se détruire elle-même pour faire place à une teinte jaune. Cette réaction est tellement sensible, qu'elle sert non-seulement à caractériser la bile, mais même à découvrir la présence de ce liquide dans l'urine ou dans d'autres produits d'excrétion.

Digitized by Google

Les dissolutions colorées de bile peuvent être parfaitement décolorées au moyen du charbon animal lavé, ou en y ajoutant avec précaution de l'eau de baryte, qui en précipite la matière colorante.

La bile renferme les matières grasses saponifiées et non saponifiées qui se rencontrent dans l'économie animale; la cholestérine s'y trouve en très petite quantité. Pour l'extraire, il suffit d'agiter la bile décolorée avec deux fois son volume d'éther, qui s'empare de la cholestérine et la laisse cristalliser après l'évaporation, sous la forme de feuilles blanches et éclatantes.

La bile renferme en outre quelques sels; lorsqu'on l'incinère après l'avoir dissoute dans de l'alcool, la majeure partie du résidu salin se trouve composée de carbonate de soude. Il renferme en outre du phosphate de soude et une quantité un peu plus considérable de sel marin avec quelques traces de sels de potasse et de fer.

Voici du reste la composition de la bile ramenée à sa plus simple expression; la bile de bœuf renferme :

Eau	875,0
Choléate de soude	110,0
Matières colorantes, matières grasses diverses, mucus, etc.	5,0
Sels divers	10,0
	1000,0

4528. Toutes les réactions que la bile présente dans son contact avec les divers réactifs, dépendent du choléate de soude qui en fait la base.

Quand on l'évapore à siccité et qu'on reprend le résidu par de l'alcool concentré, celui-ci dissout le choléate de soude, les matières grasses, les matières colorantes, et laisse les matières albuminoïdes et quelques sels.

La dissolution alcoolique se décolore, lorsqu'on la traite par le charbon animal. Quand on évapore cette dissolution à siccité et qu'on la reprend par l'éther, celui-ci enlève la cholestérine et les matières grasses.

Privée des matières colorantes et des matières grasses, la bile fournit par la dessiccation une masse solide, friable, semblable à de la gomme arabique. Elle se redissout complétement dans l'eau et dans l'alcool, en leur communiquant à peine une réaction faiblement alcaline.

Digitized by Google

La bile, pulvérisée et desséchée, attire promptement l'humidité de l'air.

Incinérée sur une lame de platine, elle laisse un résidu composé essentiellement de carbonate de soude, mélangé d'un peu de sel marin.

La dissolution aqueuse de bile n'est pas troublée par l'acide oxalique et par l'acide acétique. L'acide chlorhydrique en précipite une masse résineuse, et s'empare de la soude.

Le nitrate d'argent y forme un précipité plastique, blanc d'abord, mais qui passe bientôt au brun.

L'acétate neutre de plomb produit un précipité blanc floconneux, le liquide surnageant prend une réaction acide; si on le sépare du précipité obtenu, il en donne un second par l'acétate de plomb basique.

Le sous-acétate de plomb précipite la bile complétement; la liqueur ne retient en dissolution qu'une quantité de matière organique correspondant à la solubilité du précipité plombique.

Un excès de sel de plomb dissout une portion du précipité.

Les sels de baryte n'y occasionnent point de trouble; il en est de même de l'eau de chaux et du chlorure de mercure.

Le perchlorure de fer y forme un précipité onctueux de couleur brune.

Le chlorure d'étain précipite parfaitement toute la matière organique en flocons blancs.

Les dissolutions alcooliques de bile se comportent à peu près comme les dissolutions aqueuses; seulement, comme les précipités de plomb sont plus solubles dans l'alcool que dans l'eau, l'acétate neutre de plomb ne la précipite pas.

La bile, purifiée comme nous avons dit, contient :

	Kemp.			Enderlin.	Theyer et Schlosser.		
Carbone . .	58,46	58,46	59,9	58,28	58,00	58,49	59,47
Hydrogène.	8,30	8,81	8,9	9,20	8,89	8,48	8,48
Azote . . .	3,70	25,76			3,62		
Oxygène.. .	22,64				20,65		
Soude.. . .	6,53	6,53			6,08		
Sel marin. .	0,37	0,54			2,56		

Digitized by Google

Picromel (Thénard).
Acide biliqne (Liebig),
Matière biliaire (Gallenstoff). (Berzelius).
Biline (Berzélius).
Gallenzuker (Gmelin).

4529. On a proposé plusieurs procédés pour obtenir ce corps à l'état de pureté.

D'après M. Demarçay on dissout l'extrait alcoolique de la bile dans 100 parties d'eau et on y ajoute 2 parties d'acide sulfurique étendu de 10 parties d'eau, puis on chauffe au bain-marie. Lorsque des gouttelettes huileuses apparaissent à la surface, on retire le tout du feu. Au bout de 8 à 10 heures, l'acide choléique s'est séparé sous forme d'un magma vert. On décante le liquide, on le filtre et on le fait évaporer pour obtenir une nouvelle quantité d'acide choléique. On réitère cette opération, jusqu'à ce que la dissolution soit réduite au quart de son volume. Les dépôts lavés sont dissous dans l'alcool et traités par quelques gouttes d'eau de baryte qui en sépare l'acide sulfurique.

La dissolution filtrée, évaporée à consistance syrupeuse est secouée avec de l'éther qui lui enlève des matières grasses. On évapore le résidu au bain-marie, et on le place pendant qu'il est encore chaud dans le vide sec. Préparé ainsi, il contient encore toute la matière colorante et une petite quantité de soude et de baryte.

Le second procédé consiste à décomposer le précipité que la bile forme avec les sels de plomb, en prenant la précaution de mettre le sel de plomb en excès, et d'y ajouter de l'ammoniaque. On chauffe le précipité afin de le fondre, on le lave à l'eau, puis on le reprend par l'alcool bouillant qui dissout un sel acide, et laisse un sel basique ainsi que la combinaison de l'oxyde de plomb avec le principe colorant. La dissolution alcoolique traitée par l'hydrogène sulfuré laisse après la filtration et l'évaporation, un magma brun. On dissout cette masse dans la moindre quantité possible d'alcool, et on secoue la liqueur avec de l'éther, qui enlève les matières grasses. Le résidu est repris par de l'alcool froid et faible; on évapore et on sèche comme précédemment.

M. Liebig a indiqué le procédé suivant:

Digitized by Google

Dans une dissolution alcoolique de 8 parties de bile sèche et purifiée, on fait dissoudre 1 partie d'acide oxalique effleuri; on porte à l'ébullition et l'on abandonne le mélange au repos pendant 10 ou 12 heures. Pendant la dissolution de l'acide, il se sépare immédiatement une bouillie blanche d'oxalate de soude en cristaux déliés. Dès qu'il ne se dépose plus rien de cristallin, on filtre le liquide, on l'étend d'un peu d'eau et on le met en digestion avec du carbonate de plomb. La liqueur filtrée est traitée par l'hydrogène sulfuré, et la dissolution évaporée à siccité au bain-marie.

MM. Theyer et Schlosser précipitent la bile débarrassée de mucus et de matières grasses par du sous-acétate de plomb. Le précipité est porté à l'ébullition avec de l'eau et traité par l'acide sulfurique, jusqu'à ce qu'il ait perdu sa consistance emplastique. On filtre le liquide et on sépare par l'hydrogène sulfuré le plomb resté en dissolution.

L'acide choléique sec est un corps solide, légèrement jaunâtre, friable et pulvérulent, qui absorbe promptement l'humidité atmosphérique en s'agglomérant. Sa saveur est amère, sa poussière irrite la muqueuse des narines et de la gorge. Il se dissout facilement dans l'alcool, mais très-peu dans l'éther. Récemment préparé, il se dissout très-bien dans l'eau; mais au bout de quelque temps cette dissolution se trouble, et laisse déposer la majeure partie de l'acide en gouttelettes; elle en retient cependant assez pour conserver une réaction acide et la saveur amère qui caractérise l'acide choléique (Demarçay).

D'après M. Liebig, la dissolution aqueuse d'acide choléique pur reste limpide pendant plusieurs jours.

Elle décompose les carbonates.

L'acide acétique ne la précipite pas; l'acide chlorhydrique et sulfurique dilués la rendent laiteuse, et déterminent la formation de gouttes oléagineuses qui s'attachent aux parois du vase. Un excès d'acide fait disparaître le trouble (Liebig).

Chauffé sur une lame de platine, l'acide choléique fond, se boursoufle, brûle avec une flamme fuligineuse, et laisse un charbon qui se brûle complétement.

Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

Digitized by Google

	Demarçay. I.	Demarçay. II.	Demarçay. III.	Dumas.	Theyer et Schlosser.		
Carbone	63,82	63,71	63,57	63,5	63,70	63,76	63,98
Hydrogène	9,05	8,82	8,85	9,5	8,84	8,50	8,58
Azote	3,34	3,26		3,3	3,97	3,45	
Oxygène et soufre (1)	23,78	24,22		23,9	23,49	24,29	

4530. *Choléates.* L'acide choléique s'unit aux bases et forme des sels définis, neutres et acides.

Le choléate neutre de soude est le sel qui constitue la bile. On peut le préparer directement, en purifiant la bile par l'alcool, le charbon animal et l'éther, ou par double décomposition en la précipitant par le sous-acétate de plomb, et traitant le choléate de plomb basique par le carbonate de potasse.

A l'état sec, c'est une masse gommeuse presque incolore, qui se dissout dans l'eau et dans l'alcool ; sa dissolution aqueuse ne se distingue de la bile que par un seul caractère. Les acides minéraux très-étendus en séparent, à froid, de l'acide choléique, tandis que la bile n'est pas précipitée dans les mêmes circonstances.

Lorsqu'on traite du choléate de soude, dissous dans l'eau, par une solution aqueuse et concentrée de potasse, ce sel se sépare de la dissolution à la manière des savons, et vient surnager le liquide.

MM. Theyer et Schlosser ont analysé ce sel et l'ont trouvé composé de :

Carbone	60,14	60,12	59,60	59,16
Hydrogène	8,38	8,62	8,60	8,55
Azote	3,75	3,32	3,30	
Oxygène	21,43	20,99	21,82	
Soude	6,30	6,95	6,68	6,41

En tenant compte du sel marin que renferme la bile purifiée, on voit que celle-ci est identique par sa composition avec le choléate de soude.

L'acide choléique forme des sels avec excès d'acide; ce

(1) Le soufre n'a pas encore été signalé dans l'acide choléique. Les expériences récentes de M. Redtenbacher sur la composition de la taurine, substance qui dérive de l'acide choléique, mettent hors de doute l'existence du soufre dans cet acide. Dans la bile liquide, qui ne contient pas de traces de sulfates, j'ai trouvé 0,19 p. % de soufre, d'où il résulterait que l'acide choléique contient environ 2 p. % de soufre.

Digitized by Google

que M. Berzélius avait appelé substance biliaire, et ensuite acide bilifellique avec excès de biline, ne paraît être que du bilate acide de soude.

L'oxyde de plomb forme deux combinaisons avec l'acide choléique; elles sont peu solubles dans l'eau et se dissolvent dans l'alcool et dans l'acide acétique. On peut les obtenir en précipitant une dissolution de choléate de soude neutre ou ammoniacale par du sous-acétate de plomb.

Quand on ajoute du nitrate de plomb à une solution de choléate de soude, il se forme un précipité. La liqueur surnageante est neutre, ou du moins ne fait pas effervescence avec les carbonates (Demarçay).

D'après MM. Theyer et Schlosser, le choléate de plomb contient :

Carbone.....	40,78	40,81	41,04
Hydrogène.....	5,92	5,98	5,84
Azote.....	2,20		
Oxygène.....	15,95		
Oxyde de plomb.	36,03	36,93	

D'après les mêmes chimistes, le choléate basique préparé, en rendant le choléate de soude alcalin par un peu d'ammoniaque, renferme :

Carbone.....	36,69	36,86	37,08
Hydrogène.....	5,16	5,38	5,24
Azote.....	2,11		
Oxygène.....	12,85		
Oxyde de plomb.	43,19	43,09	

Le choléate d'argent neutre se change en sel basique par les lavages.

L'acide choléique se modifie avec beaucoup de facilité sous l'influence de divers agents; les acides minéraux, les alcalis, le transforment en corps nouveaux; ce sont ces modifications nombreuses qui ont donné lieu à tant de données contradictoires sur la constitution de la bile.

Traité par un excès d'acide chlorhydrique, sulfurique ou phosphorique, l'acide choléique se transforme en un acide particulier, exempt d'azote, que M. Demarçay a désigné sous le nom d'acide choloïdique, et en une substance azotée, la taurine, que M. L. Gmelin avait trouvée dans la bile de bœuf. MM. Theyer et Schlosser ont

Digitized by Google

observé qu'une dissolution concentrée d'acide oxalique opère, à chaud, la même transformation. Si l'opération se fait avec de la bile, l'acide employé à la préparation s'empare de la soude, met l'acide cholique en liberté, et le transforme en taurine et acide choloïdique.

Acide choloïdique. — Bilaine biliaire (Gmelin).

4531. On prépare ce corps en faisant dissoudre une partie de bile dans cinq ou six parties d'acide chlorhydrique de concentration moyenne; on maintient cette dissolution en ébullition pendant quelque temps. Il s'en sépare une masse solide, brune et résinoïde. On la débarrasse d'acide chlorhydrique par l'eau bouillante. Pour lui enlever les matières grasses, on la dissout dans un peu d'alcool, on secoue la liqueur avec de l'éther. Après avoir séparé ce dernier, on évapore la dissolution alcoolique et on lave le résidu à l'eau. Il retient obstinément des traces de chlorure de sodium.

L'acide cholique est fixe, solide à la température ordinaire; il est jaune, d'une saveur amère, facile à pulvériser. Il ne fond qu'au-dessus de 100°, quand il est sec. Chauffé dans l'eau bouillante, il fond en un magma brun, très pâteux. Il est presque insoluble dans l'éther, se dissout dans l'alcool, même faible; il est peu soluble dans l'eau. Ses dissolutions rougissent les couleurs végétales et décomposent les carbonates avec effervescence. Il forme des sels peu solubles.

Voici sa composition :

		Demarçay.		Dumas.
Carbone.....	73,52	73,30	73,16	73,3
Hydrogène...	9,58	9,51	9,48	9,7
Oxygène.....	26,90	27,19	27,36	27,0

	Theyer et Schlosser.		
		Calcul.	Analyses.
C^{60}.....	4554,24	72,53	72,23
H^{100}.....	623,98	9,94	10,40
O^{11}.....	1100,00	17,53	
	6275,22		

Pour préparer le choloïdate d'argent, MM. Theyer et

Digitized by Google

Schlosser dissolvent l'acide choloïdique dans l'ammoniaque, font bouillir la dissolution jusqu'à ce qu'elle soit devenue neutre, et la précipitent par le nitrate d'argent. C'est un précipité blanc volumineux, qui devient brunâtre par la dessiccation. Il renferme :

		Calcul.	Analyses.
C^{80}	4551,24	59,77	59,22
H^{66}	611,50	8,03	8,16
O^{10}	1000,00	13,13	
AgO	1451,6	19,07	19,35

Les choloïdates de zinc, de manganèse, de fer, de plomb, de cuivre, d'argent, sont des précipités floconneux qui, chauffés avec précaution, deviennent grenus et fondent vers 80°.

M. Berzélius donne le nom de *Dyslysine* à un corps qui se produit, quand l'action de l'acide chlorhydrique sur la bile est incomplète. Si on traite par de l'alcool à 0,84, la substance résinoïde lavée à l'eau, on dissout deux acides qu'il est difficile de séparer, et auquel il a donné le nom d'acide fellinique (*Fellinsaure*), et cholinique (*Cholinsaure*); il reste une matière résinoïde agglutinée. C'est la dyslysine. Ce corps ne se dissout que difficilement, même dans l'alcool anhydre et bouillant; par le refroidissement, l'alcool se trouble et dépose, sans s'éclaircir, un précipité blanc terreux; par l'évaporation spontanée, on obtient ce corps à l'état d'une masse blanche et terreuse. Il ne se dissout pas dans les carbonates alcalins.

En prolongeant pendant longtemps l'ébullition de l'acide chlorhydrique concentré avec de la bile, étendue d'un peu d'eau, MM. Theyer et Schlosser ont obtenu un corps résineux, jaune, parfaitement neutre, insoluble dans l'eau, l'alcool, la potasse, l'acide acétique et l'acide chlorhydrique, et qu'ils regardent comme identique avec la dyslysine. Il renfermait :

	Calcul.	Analyse.
C^{40}	78,15	78,22
H^{32}	9,95	9,68
O^{7}	12,02	

Taurine.

4532. La taurine a été découverte par M. L. Gmelin; elle

se trouve dans les eaux-mères dont on a séparé l'acide choloïdique.

Le procédé le plus simple pour la préparer, consiste à faire bouillir la bile avec de l'acide muriatique jusqu'à ce que la liqueur, trouble d'abord, se soit éclaircie. On sépare l'acide choloïdique et on évapore, jusqu'à ce que la majeure partie du sel marin se soit déposée. On ajoute aux eaux-mères cinq ou six fois leur volume d'alcool, et on abandonne la liqueur. Au bout de quelque temps, la taurine se dépose en belles aiguilles cristallines; on les lave à l'alcool, on les fait redissoudre et cristalliser dans l'eau.

La taurine pure cristallise en prismes hexaèdres, terminés par des pyramides à quatre ou six faces.

Ces cristaux, d'une beauté remarquable, sont durs, croquent sous la dent et possèdent une saveur fraîche qui n'est ni salée, ni douce. La taurine est sans action sur les couleurs végétales; elle est soluble dans quinze fois et demi son poids d'eau à 12°; dans l'eau bouillante, elle se dissout encore mieux. L'alcool ne la dissout qu'en très-petite quantité. L'acide sulfurique et l'acide azotique la dissolvent sans la décomposer, même à la température de l'ébullition.

A 100°, les cristaux de taurine ne perdent rien de leur poids. A une température plus élevée, ils brunissent en se boursouflant, et développent une odeur semblable à celle qu'exhale l'indigo qui se charbonne. Soumise à la distillation sèche, la taurine fournit une huile empyreumatique brune et épaisse; on obtient, en outre, une petite quantité d'un liquide aqueux, d'une saveur douceâtre et empyreumatique, rougissant le tournesol et développant de l'ammoniaque lorsqu'on le traite par la chaux. Ce liquide colore en rouge le perchlorure de fer.

Les anciennes analyses de la taurine avaient conduit à la formule :

$$C^8 H^{14} Az^2 O^{10}.$$

M. Redtenbacher vient de trouver que ce corps renferme 26 p. 100 de soufre. En combinant cette donnée avec les résultats des analyses de MM. Démarçay et Dumas, on trouverait que la taurine doit être représentée par la formule :

$$C^8 H^{14} Az^2 S^2 O^6.$$

Digitized by Google

Acide cholinique (acide cholique de M. Demarçay; Cholsaüre de MM. Theyer et Schlosser).

4533. Les bases alcalines, la chaux, la baryte, la strontiane, l'oxyde de plomb et même ses sels basiques, attaquent l'acide choléique; ils en dégagent de l'azote et de l'hydrogène sous forme d'ammoniaque, et donnent naissance à un acide nouveau.

L'acide cholinique a été découvert par M. Demarçay. Il ne faut pas le confondre avec l'acide cholinique de M. Berzélius, ni avec l'acide cholique de M. L. Gmelin.

Pour le préparer, on fait fondre une partie de bile avec deux ou trois parties d'hydrate de potasse dans une capsule d'argent, et on y ajoute souvent de l'eau en petites quantités, jusqu'à ce que tout dégagement d'ammoniaque ait cessé. On enlève l'excès de potasse par une petite quantité d'eau, puis on dissout le savon formé dans un excès de ce liquide, et on y ajoute de l'acide acétique. La dissolution, claire d'abord, devient laiteuse, et par le repos il s'en sépare un corps résinoïde, friable, d'un blanc grisâtre, qui, très-souvent, acquiert déjà dans l'eau une texture cristalline.

On enlève le précipité, on le lave et on le met en digestion avec l'éther, qui dissout aisément l'acide cholinique; on ajoute un peu d'alcool à la solution étherée, et on l'abandonne à l'évaporation spontanée. L'acide cholinique s'y dépose en gros tétraèdres transparents ou en aiguilles fines, qu'on purifie et qu'on décolore par une nouvelle cristallisation.

A l'air, ces cristaux perdent leur transparence; ils se dissolvent dans l'alcool et l'éther, mais très-difficilement dans l'eau. Les dissolutions décomposent les carbonates avec effervescence, et possèdent une saveur amère.

Chauffé à l'air, l'acide cholinique s'enflamme et brûle comme un acide gras, en laissant un abondant résidu de charbon; il n'est pas volatil et donne à la distillation sèche des produits qui n'ont pas été examinés.

Il forme avec les alcalis des sels neutres solubles et des sels acides; les sels des autres bases sont peu solubles, et n'offrent pas de composition constante.

Digitized by Google

Voici sa composition :

	Theyer et Schlosser.				Dumas.
Carbone...	70,10	70,07	70,23	70,36	68,5
Hydrogène.	9,79	9,83	9,77	9,74	9,7

Ces analyses conduisent à la formule $C^{52}H^{86}O^{9}$, qui exprime la composition de l'acide hydraté.

Acide cholique.

4334. Pour préparer cet acide, découvert par M. L. Gmelin, on délaye le précipité obtenu en traitant la bile par le sous-acétate de plomb dans de l'acide acétique et on le décompose par l'hydrogène sulfuré; on sépare le sulfure de plomb et on évapore le liquide. On obtient ainsi de fines aiguilles d'acide cholique, qu'on purifie par de nouvelles cristallisations. En traitant le sulfure de plomb par l'alcool, précipitant la dissolution par l'eau, pour en séparer la partie résineuse, filtrant et évaporant, on obtient une nouvelle quantité de cristaux.

L'acide cholique purifié se présente sous la forme d'aiguilles fines, qui, comprimées entre des doubles de papier joseph, prennent un aspect soyeux. Sa saveur est sucrée et astringente à la fois. Quand on le chauffe, il fond en un liquide brun oléagineux, se boursoufle, dégage une odeur animale qui devient bientôt aromatique et brûle avec une flamme fuligineuse. Soumis à la distillation sèche, il fournit de l'ammoniaque; ce qui montre que ce corps ne peut être confondu avec l'acide cholique de M. Demarçay.

L'eau ne le dissout qu'en petite quantité, mieux à chaud qu'à froid. Il se dissout bien dans l'alcool. L'acide sulfurique concentré le dissout également; l'eau le précipite de cette dissolution.

L'acide nitrique l'attaque et le décompose.

L'acide cholique forme des sels solubles avec les alcalis.

Les dissolutions de nitrate d'argent, de nitrate de mercure, de sulfate de cuivre, les perchlorures d'étain et de fer, l'acétate neutre de plomb, ne sont pas précipités par la solution d'acide cholique; l'acétate de plomb basique en est légèrement troublé.

M. Berzélius a donné le nom d'acides *fellanique* et *cholanique* à deux acides qu'il croit avoir trouvé dans de la bile conservée depuis longtemps, putréfiée et ammoniacale.

Digitized by Google

L'acide cholanique ne paraît être autre chose que l'acide choloïdique.

L'acide fellanique formerait avec la baryte un sel peu soluble dans l'eau, à froid, mais se dissolvant à chaud dans l'eau et l'alcool bouillants, et s'en déposant par le refroidissement sous forme de prismes incolores et brillants.

Concrétions biliaires.

4535. Les concrétions qui se forment dans la vésicule biliaire de l'homme, sont formées, dans la plupart des cas, de cholestérine, le plus souvent pure, parfois mélangée de mucus ou de matières colorantes et de bile desséchée. On en trouve qui ont la grosseur d'un œuf de pigeon. Quand il y en a plusieurs, au lieu de présenter une forme ovoïde, on les voit terminés par des surfaces planes et formant des polyèdres.

Leur couleur et leur consistance varient; on en trouve qui sont d'un jaune salé; d'autres, sont presque blanches et à cassure cristalline; quelquefois, elles sont brunes ou d'un brun vert, se brisent facilement et donnent une poussière amorphe à l'œil nu.

Leur densité varie, d'après leur composition; celles qui possèdent les densités les plus faibles sont les plus riches en cholestérine.

Voici quelques analyses de calculs biliaires :

	Glaube.	Brandes.		
Cholestérine	56	81,25	69,76	81,77
Résine biliaire	8	3,12	5,66	3,83
Matière colorante	15	9,38	11,28	7,57
Albumine coagulée	9			
Mucus	12	6,25	13,20	
Albumine soluble, mucus et sels				3,63

Rarement, les calculs biliaires sont formés de matières minérales. Cependant, on y trouve parfois des carbonates de chaux et de magnésie. MM. Bally et Henry le jeune ont examiné un calcul qui présentait la composition suivante :

Carbonate de chaux, avec des traces de carbonate de magnésie	72,70
Phosphate de chaux	13,51
Mucus, matières colorantes, fer oxydé	10,81

Digitized by Google

On a trouvé dans certains calculs biliaires une matière noire ressemblant à du charbon.

Bile des animaux.

4536. Les chimistes qui ont fait des recherches sur la composition de la bile, ont ordinairement choisi celle du bœuf pour la soumettre à leurs investigations. Les notions que nous possédons sur la nature de ce liquide ont servi, comme point de départ, à toutes les recherches qu'on a entreprises sur la bile des autres animaux, et ont été appliquées en particulier à l'étude de la bile humaine, qu'il est moins facile de se procurer en grande quantité.

Voici deux analyses quantitatives de bile de bœuf, faites par MM. Thénard et Berzélius.

D'après M. Thénard, 800 parties de cette bile contiennent :

Eau	700,0
Picromel	69,0
Corps gras, acides au moins en partie. Cholestérine, peu. Matière colorante, très peu	15,0
Matière jaune provenant du mucus altéré (quantités variables)	»
Soude. Phosphate de soude. Chlorures de potassium et de sodium. Sulfate de soude	10,3
Phosphates de chaux et de magnésie, traces de fer	1,2

D'après M. Berzélius, la bile de bœuf renferme :

Eau	904,4
Matière biliaire (et graisses)	80,0
Mucus	3,0
Extrait de viande, sel marin. Lactate de soude	7,4
Soude	4,1
Phosphates de soude et de chaux. Trace de mat. insoluble dans l'alcool.	1,1
	1000,0

Les analyses que l'on a exécutées sur la bile des autres

Digitized by Google

animaux sont assez nombreuses, mais se résument le plus souvent en quelques données qualitatives insuffisantes dans l'état actuel de la science. Toutes ces études sont à reprendre aujourd'hui, et ne conservent en général qu'un intérêt purement historique.

La bile du chien a été analysée par M. L. Gmelin; elle est assez épaisse, colorée tantôt en jaune-brun foncé, tantôt en brun-verdâtre. Elle renfermait du sucre biliaire, un peu de résine biliaire, beaucoup de matière colorante, de la cholestérine, de la matière salivaire, du mucus, un principe odorant, de l'acétate, du phosphate et du sulfate de soude, du sel marin, du phosphate de chaux, du margarate et de l'oléate de potasse.

Dans ces derniers temps, M. Kemp a exécuté quelques analyses comparatives de la bile humaine avec la bile de bœuf, de tigre et de léopard. Voici les résultats auxquels il est arrivé pour le dosage des matériaux inorganiques et organiques :

	Bile humaine.	Bile de bœuf.	Bile de tigre.	Bile de léopard.
Soude.	6,63	6,53	5,2	4,6
Chlorure de sodium.	1,87	0,37	»	»

	Bile humaine.		Bile de bœuf.		Bile de tigre.	Bile de léopard.	
	I	II	I	II		I	II
Carbone. . .	68,11	68,3	64,60	64,85	59,6	59,08	59,5
Hydrogène. .	10,13	10,0	9,62	9,40	11,8	9,49	10,0
Azote.	3,44	3,g	3,40	3,40	6,0	4,60	4,6
Oxygène. . .	18,03	18,2	23,38	22,35	22,6	26,11	25,9

Ces chiffres diffèrent notablement entre eux et de ceux qui expriment la composition de l'acide cholélique hydraté. Ils ont été obtenus en défalquant du poids de la bile analysée celui de la soude et des autres matériaux solides, et expriment par conséquent la composition d'un acide anhydre. Il n'est donc pas étonnant que le carbone y soit plus fort que dans les analyses d'acide cholélique de MM. Demarçay, Dumas, Theyer et Schlosser. D'ailleurs, M. Kemp a souvent opéré sur des quantités de matières beaucoup trop faibles pour qu'on puisse accorder à toutes ses analyses le même degré de confiance.

Digitized by Google

CHAPITRE VII.

DE LA DIGESTION ET DE SES PRODUITS.

4537. Les phénomènes de la respiration, en détruisant les matériaux devenus impropres à la vie, font subir à l'organisme des pertes que les fonctions nutritives sont appelées à réparer sans cesse. Le sang vient porter dans l'économie l'élément destructeur, l'oxygène ; mais il charrie en même temps des matériaux réparateurs en échange de ceux que les procédés de la vie ont soustraits à l'économie. Dans l'état normal, les éléments dont le sang doit se charger, et qui doivent suffire à la fois aux besoins de la respiration et aux fonctions nutritives, lui sont fournis par les aliments. Mais les substances si variées dont se compose la nourriture ne passent ordinairement dans le sang qu'après avoir subi dans l'intérieur de l'économie des modifications, qui les rendent aptes au rôle, qu'elles sont destinées à remplir. Ces changements s'accomplissent dans l'appareil digestif, dans lequel les aliments broyés séjournent pendant quelque temps, et s'imprègnent de liquides capables de les dissoudre ou de les diviser. Ces liquides sont : la salive, le suc gastrique, la bile, le suc pancréatique et le suc intestinal. L'action qu'ils exercent sur les substances alimentaires est une action purement chimique. Aussi, la composition de ces différents produits est-elle très-importante à considérer dans l'étude des phénomènes digestifs. Nous connaissons déjà la composition de la bile ; il nous reste, pour bien comprendre les phénomènes chimiques de la digestion, à étudier la nature des autres liquides que nous venons de mentionner.

Salive.

Berzélius, *Traité de chimie.* — *Ann. de chimie*, p. t. LXXXVIII, p. 123.

Tiedemann et Gmelin, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XLIV, p. 266. — *Traité de la digestion.*

Mitscherlich, *Ann. de Pogg.*, t. XXVIII, p. 320.

Lassaigne, *Ann. de chim. et de phys.*, t. IX, p. 326 ; t. XIX, p. 174.

Digitized by Google

WURZER, *Archiv. der Pharm.*, t. XIV, q. 254.
BOUDET, *Journ. de pharm.*, 3e série, t. I, p. 893.
DONNÉ, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVII, p. 414.
MIALHE, *Comptes-rendus.*

4538. La salive est le produit sécrété par les glandes salivaires. C'est un liquide visqueux et filant, troublé ordinairement par un peu de mucus, qui s'en sépare par le repos. A l'état normal, elle est toujours alcaline, propriété qu'elle doit à une petite proportion de soude. Dans certains états pathologiques, surtout dans les affections gastriques, la salive devient acide. Quand la sécrétion de la salive est abondante, elle possède toujours une réaction alcaline; quand elle est peu abondante au contraire, elle devient acide, et il se produit dans la bouche cette sensation de sécheresse et de cuisson particulières que tout le monde connaît. D'après cela, il est évident que la salive, telle que nous la connaissons, est le résultat de deux sécrétions, dont l'une, acide, est sursaturée par la seconde, qui est alcaline. La réaction au papier de tournesol dépend de la prédominance de l'une ou l'autre de ces sécrétions.

S'il en est réellement ainsi, la formation du dépôt connu sous le nom de tartre, et qui est formé par un mélange de phosphates insolubles et de mucus, s'expliquerait facilement. On sait en effet que tous les liquides acides de l'économie renferment des phosphates en dissolution; mais, dès que l'acide libre est saturé, ces phosphates se déposent à l'état insoluble.

La densité de la salive varie entre 1,004 et 1,009.

Elle laisse, après l'évaporation, un résidu solide qui s'élève de 8 à 12 millièmes de son poids.

Voici l'analyse de la salive par M. Berzélius :

Eau	992,9
Ptyaline	2,9
Mucus	1,4
Extrait de viande et lactates alcalins	0,9
Chlorure de sodium	1,7
Soude	0,2
	1000,0

Digitized by Google

MM. Tiedemann et Gmelin ont analysé de la salive humaine qui avait été recueillie en fumant. Ils y ont trouvé les principes suivants :

Matière soluble dans l'alcool et insoluble dans l'eau : graisse phosphorée; matière soluble dans l'alcool et dans l'eau : extrait de viande, chlorure de potassium, lactate de soude, sulfocyanure de potassium	31,25
Matière déposée par le refroidissement de l'alcool bouillant, avec un peu de sulfate de potasse et de chlorure de potassium	1,25
Matières qui sont solubles dans l'eau : ptyaline avec beaucoup de phosphate alcalin, un peu de sulfate et du chlorure de potassium	20,00
Matières insolubles dans l'alcool et l'eau : mucus, probablement un peu d'albumine avec des phosphate et carbonate alcalins	40,00
	92,50

La perte paraît être due à de l'eau que la matière avait retenue.

M. C. G. Mitscherlich a analysé la salive recueillie directement par une fistule du canal de Stenon. Il a observé que la sécrétion de la salive était plus abondante au commencement des repas que vers la fin; que pendant les repas elle possédait une réaction alcaline, mais que dans l'intervalle elle rougissait le papier de tournesol bleu. La densité de la salive recueillie ainsi variait de 1,006 à 1,0088; elle laissait, par l'évaporation, un résidu solide s'élevant de 1,47 à 1,63 de son poids.

66$^{grm.}$,5 de salive contenaient 0,061 de matière insoluble ou environ 1/10 pour cent. Cette quantité de salive évaporée dans le vide a laissé un résidu de 1$^{grm.}$,121, dont 0$^{grm.}$,281 étaient insolubles dans l'eau et l'alcool, 0,352 solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool à 0,800, et enfin 0,192 solubles dans l'eau et l'alcool.

100 parties de cette salive exigeaient, pour être neutralisées par l'acide sulfurique, de 0,196 à 0,223 d'acide, ce qui correspond à 0,153 et 0,174 pour cent de soude.

100 parties de cette salive ont laissé par l'incinération environ 1/2 pour cent de cendres renfermant :

Digitized by Google

Chlorure de calcium	0,180
Potasse combinée à l'acide lactique	0,095
Soude	
Soude très probablement combinée au mucus	0,164
Phosphate de chaux	0,017
Silice	0,013
	0,495

La salive filtrée était troublée à froid par l'alcool et le tannin, le trouble disparaissait par la chaleur pour apparaître de nouveau pendant que le liquide se refroidissait.

Parmi les produits salins qu'on ne rencontre plus après l'incinération de la salive, il faut compter le sulfo-cyanure de potassium.

Treviranus avait d'abord observé que la salive possède la propriété de rougir par les dissolutions de sels de peroxyde de fer. MM. Tiedemann et Gmelin ont prouvé qu'elle doit cette propriété à un sulfo-cyanure.

4539. La matière organique particulière à laquelle la salive doit sa viscosité a reçu de M. Berzélius, qui l'a isolée et étudiée le premier, le nom de *ptyaline*. Voici le procédé qu'il a suivi pour l'extraire : on évapore la salive à siccité; le résidu incolore et gommeux est traité par de l'alcool, qui lui enlève une matière animale soluble, quelques sels et un peu de graisse, dans laquelle on a parfois reconnu la présence de la cholestérine; le résidu alcalin insoluble est traité par un peu d'acide acétique, évaporé à siccité, puis repris par l'alcool. Le résidu de ce second traitement consiste en mucus, qui en constitue à peu près le tiers et en ptyaline. On isole celle-ci en la dissolvant dans l'eau et évaporant cette solution à siccité.

Mise en contact avec l'eau, la ptyaline commence par blanchir et se dissout ensuite complétement, en communiquant à l'eau cet aspect filant particulier à la salive. Cette dissolution n'est troublée ni par la chaleur, ni par les acides, ni par les bases. Aucun sel ne la précipite. L'alcool seulement la trouble, quand elle n'est pas trop étendue.

La salive des animaux a été très-peu examinée. Gmelin et Tiedemann ont trouvé la salive du chien plus riche en principes solides que celle de l'homme; elle laissait 2,58 pour cent de matières fixes et de sels analogues à ceux qu'ils avaient trouvés dans la salive humaine; ils y trouvè-

Digitized by Google

rent une petite quantité de phosphates et de carbonates terreux.

4540. La salive du cheval paraît aussi un peu plus concentrée. F. Simon dit y avoir rencontré une quantité de caséum assez considérable. C. H. Schultz a fait la même observation.

Voici l'analyse de F. Simon.

Eau	982,0
Matière grasse renfermant de la cholestérine	0,1
Ptyaline et matière extractive	4,4
Caséine	3,4
Albumine	0,6
Matière extractive et sels	7,2

La salive de brebis a été analysée par MM. Tiedemann et Gmelin; ils lui ont trouvé une composition très-rapprochée de celle de l'homme : elle contenait 1,68 pour cent de résidu solide. MM. Leuret et Lassaigne sont arrivés à des résultats semblables.

Vous avons déjà parlé du dépôt qui se forme quelquefois sur les dents, et qui est connu sous le nom de *tartre*.

Voici quelques analyses de cette matière, faites par MM. Berzélius, Vauquelin et Laugier :

	Berzélius.
Ptyaline	1,0
Mucus	12,5
Phosphates terreux	79,0
Matière animale dissoute par l'acide chlorhydrique	7,5
	100,0

	Vauquelin et Laugier.
Eau	0,07
Mucus insoluble dans l'eau et les acides.	0,13
Phosphate de chaux, trace de magnésie .	0,66
Carbonate de chaux	0,09
Matière organique dissoute dans l'acide chlorhydrique	0,05
	1,00

Les glandes salivaires renferment parfois des concrétions. Voici quelques analyses de ces corps :

Digitized by Google

	Caventou. Examen.	Lassaigne. Du cheval.	Henry. Du cheval.
Carbonate de chaux...	91,6	84	85,5
— de magnésie.	»	»	7,6
Phosphate de chaux...	4,8	3	4,4
Matière animale.....	3,6	9	2,4
Eau.....	»	3	»

D'après M. Wurzer, les concrétions salivaires du cheval renferment :

Carbonate de chaux.....	80,50	87.5
Phosphate de chaux.....	2,75	3,5
Matières animales solubles.....	8,60	7,0
Matières animales insolubles....	4,40	»
Oxydes de fer et de manganèse..	1,00	»
Sel marin.....	1,00	0,5
Carbonate de soude..	1,75	0,9

Suc gastrique.

PROUT, *Phil. Trans.*, 1824; *Ann. of Phil.* (1re sér.), t. XIII, p. 13.

TIEDEMANN et GMELIN, *Die Verdauung nach Versuchen.*

LEURET et LASSAIGNE, *Recherches physiologiques pour servir à l'histoire de la digestion.*

VOGEL, *Journ. de pharm.*, t. XXX, p. 648.

BERNARD et BARRESWILL, *Comptes rendus*, t. XIX, p. 1284.

MEISSNER, *Comptes rendus*, t. XIX, p. 1289.

4341. Le suc gastrique est un liquide acide que l'estomac sécrète en abondance pendant l'acte de la digestion. A l'état normal, il est incolore et inodore; il possède une saveur salée et manifestement acide. Il n'entre que difficilement en putréfaction et en préserve pendant quelque temps les matières animales qu'il imprègne. Le liquide qui baigne les parois de l'estomac pendant l'intervalle des digestions ne paraît pas être du suc gastrique; du moins il est neutre au papier de tournesol.

On a beaucoup discuté sur la nature chimique du suc gastrique. Il est hors de doute aujourd'hui qu'il renferme un principe analogue à la diastase, et que nous avons déjà décrit sous le nom de *pepsine*, *chymosine* ou de *gastérase* (vol. VI, p. 375, et vol. VII, p. 446).

Digitized by Google

Quant à la réaction acide que possède le suc gastrique, il est facile de constater qu'elle n'est pas due exclusivement à du biphosphate de chaux, comme l'a avancé récemment M. Blondlot, mais bien à la présence d'un acide libre. En effet, si, comme l'a fait M. Melsens, on met du suc gastrique en contact, pendant vingt-quatre heures, avec du spath d'Islande, en ayant soin de remuer le flacon bouché à l'émeri dans lequel on fait l'expérience, on voit les cristaux de carbonate de chaux, en se corrodant par l'acide, devenir opaques et perdre de leur poids. Le biphosphate de chaux ne produirait pas ce phénomène, qui ne peut être dû qu'à la présence d'un acide libre.

Il y a beaucoup de données contradictoires relativement à la nature chimique de cet acide. Prout, qui le premier a analysé le suc gastrique de différents animaux, a prétendu qu'il renfermait de l'acide chlorhydrique. Son observation a été confirmée par MM. Tiedemann et Gmelin, qui signalent en outre la présence de l'acide acétique dans le suc gastrique du chien et du cheval, et de l'acide butyrique dans celui du cheval.

M. Schultz a également signalé l'existence d'un acide volatil dans le chyme de différents animaux, qu'il distillait avec de l'eau; mais, d'après ses expériences, cet acide ne serait pas de l'acide chlorhydrique, mais bien de l'acide acétique. Tout récemment, MM. Bernard et Barreswill ont répété ces expériences, mais ils sont arrivés à des résultats tout à fait différents. Suivant ces chimistes, le suc gastrique ne renferme ni acide acétique libre, ni acétates, et l'acide chlorhydrique que l'on recueille à la fin de la distillation ne se forme que par l'action d'un acide plus fixe sur les chlorures alcalins que renferment tous les liquides de l'économie. MM. Bernard et Barreswill croient pouvoir conclure de leurs expériences que le suc gastrique renferme de l'acide lactique et de l'acide phosphorique à l'état de liberté. Le premier de ces acides avait déjà été signalé par M. Chevreul et par MM. Leuret et Lassaigne. Quant à l'acide butyrique, il n'a pas été retrouvé dans le suc gastrique.

Suc pancréatique.

TIEDEMANN et GMELIN, *Die Verdauung nach Versuchen*, t. I, p. 10.

Digitized by Google

LEURET et LASSAIGNE, *Journ. de chimie médic.*; t. I, p. 549.

MAGENDIE, *Physiologie*, t. II, p. 367.

BOUCHARDAT et SANDRAS, *Comptes rendus*, t. XX, p. 1085.

4542. Le suc pancréatique est sécrété par une glande volumineuse, située derrière l'estomac, entre la rate et le duodénum. C'est un liquide visqueux, transparent et légèrement opalin, qui possède une saveur quelque peu salée et la consistance du sérum du sang.

MM. Tiedemann et Gmelin ont recueilli le suc pancréatique d'un chien de forte taille, en plaçant dans le canal pancréatique un tube de verre. Les premières gouttes qui s'écoulèrent étaient faiblement acides, tandis que les dernières portions présentaient une réaction alcaline. En recueillant le suc pancréatique d'un mouton, MM. Tiedemann et Gmelin lui ont reconnu les mêmes propriétés. D'un autre côté, MM. Mayer, Magendie, Leuret et Lassaigne, lui ont toujours trouvé une réaction alcaline, observation qui vient d'être confirmée par MM. Bouchardat et Sandras.

Il paraît que le suc pancréatique contient une certaine quantité d'albumine; du moins, il se coagule en partie par la chaleur. Il renferme 8 pour 100 de résidu solide. Voici d'ailleurs deux analyses de suc pancréatique de chien et de mouton, faites par MM. Tiedemann et Gmelin :

	Chien.	Mouton.
Eau.....	917,2	963,5
Matière extractive et sels solubles dans l'alcool.....	36,8	15,5
Matières caséeuses solubles dans l'eau, et sels.....	15,3	2,8
Albumine et sels.....	35,5	22,4

MM. Leuret et Lassaigne ont trouvé que le suc pancréatique de cheval avait la même composition que la salive humaine.

Il est très-probable, en effet, qu'il renferme comme ce liquide un principe azoté analogue à la diastase. MM. Bouchardat et Sandras viennent de constater que le suc pancréatique d'une poule transforme rapidement l'amidon en dextrine et en glucose. Ajoutons enfin qu'on n'a jamais constaté la présence d'un sulfocyanure dans ce liquide.

Digitized by Google

D'après MM. Bernard et Barreswil, le suc pancréatique est analogue à la salive, mais plus riche en principe actif. Rendu acide, il peut agir à la manière du suc gastrique, et serait non seulement propre à le remplacer, mais il serait bien plus énergique qu'il ne l'est lui-même.

Suc intestinal.

TIEDEMANN et GMELIN, *Die Verdauung*, t. I, p. 157.

4543. Les nombreux follicules de l'intestin sécrètent un liquide qui paraît avoir une composition et des propriétés analogues à celles du suc gastrique. Il est impossible de recueillir le suc intestinal à l'état de pureté; il est toujours mêlé de mucosités, de bile et de suc pancréatique. MM. Tiedemann et Gmelin y ont trouvé un peu d'acide libre, de l'albumine, une matière analogue à la caséine, une matière précipitable par le protochlorure d'étain qu'ils regardent comme analogue à la ptyaline, un peu de résine biliaire, des sels et des matières animales indéterminées. Le suc intestinal recueilli dans la dernière moitié de l'intestin était neutre. Les mucosités du cœcum ont toujours présenté une réaction acide chez les chiens. Dans le cœcum des chevaux on a rencontré du bicarbonate de soude. Dans celui des lapins, M. Viridet a observé une réaction acide comme dans l'estomac.

Phénomènes chimiques de la digestion.

SPALLANZANI, *Recherches sur la digestion.*

TIEDEMANN et GMELIN, *Die Verdauung nach Versuchen.* Heid., 1826.

LEURET et LASSAIGNE, *Recherches physiologiques pour servir à l'histoire de la digestion.* Paris, 1825.

BEAUMONT, *Digestions artificielles.* 1825.

EBERLE, *Physiologie der Verdauung.* Würzb., 1834.

SCHWANN, *Ueber das Wesen des Verdauungs processes.* Müller's. Arch., 1836.

BOUCHARDAT et SANDRAS, *Ann. de chym. et de phys.*, 3e série, t. V, p. 478; et *Comptes rendus*, t. XX, p. 1085.

4544. Les théories imaginées par les physiologistes pour expliquer les phénomènes de la digestion, se sont modifiées à mesure que les progrès de la chimie, en permettant de résoudre par l'expérience quelques-unes des difficultés

Digitized by Google

qui se rattachent à cette étude, ont introduit dans la science des notions plus positives et plus exactes. Les hypothèses qui consistaient à admettre que les aliments sont digérés par l'effet de la trituration, de la coction, de la macération, de la putréfaction, de la fermentation, reposaient sur des bases complétement inexactes ou tout au moins très vagues, et ne conservent aujourd'hui qu'un intérêt purement historique. Remarquons toutefois la tendance bien caractérisée de la plupart de ces hypothèses, qui essayaient de ramener les phénomènes de la digestion à des actes purement chimiques. En cela du moins elles ne se sont pas égarées.

En effet, s'il y a quelque chose de clair en physiologie, c'est que les opérations digestives s'accomplissent sans l'intervention de cette force vitale, de cet agent inconnu, jadis tant de fois invoqué, et qui se prêtait avec tant de complaisance à toutes les explications de la physiologie empirique. Les recherches modernes ont clairement établi que les changements que subissent les aliments dans le tube digestif sont dus à une série de réactions purement chimiques. Ces réactions sont exercées par les différents liquides qui viennent s'épancher continuellement dans le canal alimentaire.

Elles ne sont rien moins que compliquées.

Les idées que les anciens s'étaient faites sur la transformation des aliments et sur la création des substances propres à être assimilées, sont inexactes ; à proprement parler, aucune substance organique ne se crée ni dans le tube digestif, ni ailleurs. Les principes qui doivent passer dans le sang, et plus tard s'ajouter à la substance de l'animal, préexistent dans les aliments ou ne subissent dans le tube digestif que des modifications qui ont pour but de les rendre solubles ou de les diviser.

La digestion n'est donc que la dissolution des aliments.

Cette définition n'est pas nouvelle. D'anciens physiologistes avaient déjà avancé que la digestion liquéfie les aliments, et en cela ils avaient énoncé un fait que l'expérience démontre facilement, mais qui ne s'explique qu'à l'aide de données chimiques positives et étendues. En effet, cette liquéfaction des aliments n'est pas une simple dissolution, dans l'acception la plus ordinaire de ce terme ; c'est une dissolution d'une nature particulière qui s'effectue

Digitized by Google

par une véritable action de contact, sous l'influence d'une matière azotée analogue à la diastase. Ce principe azoté, cette espèce de ferment, on le rencontre dans la salive, dans le suc gastrique, dans le suc pancréatique, et suivant son origine on lui a imposé différents noms, quoique peut-être ce ne soit qu'une seule et même matière.

Ainsi, les aliments ne renferment pas en eux-mêmes le levain particulier capable de les dissoudre; ils le trouvent dans les sucs dont ils s'imprègnent nécessairement dans le tube digestif. S'il en est ainsi, si la digestion ne s'accomplit qu'en vertu de l'action chimique que ces liquides exercent sur les aliments, on prévoit qu'elle puisse s'effectuer, même en dehors de l'organisme. C'est en effet ce qu'ont démontré les célèbres expériences de Spallanzani, et les recherches si variées et si coneluantes de Beaumont.

Spallanzani s'était procuré du suc gastrique, en faisant avaler à des oiseaux de petites éponges attachées à des fils. Il les exprimait après les avoir retirées, mélangeait le suc obtenu à des aliments mâchés, et introduisait le mélange dans de petites tubes de verre, qu'il exposait à la chaleur du corps humain en les portant sous l'aisselle. Au bout de quinze heures, les aliments étaient transformés en une pulpe homogène.

Les expériences de Spallanzani m'ont paru parfaitement exactes. Elles ont été confirmées par MM. Tiedemann et Gmelin, et principalement par M. Beaumont, qui a pu se procurer du suc gastrique en abondance en, le recueillant directement dans l'estomac d'un individu affecté d'une fistule stomachale. En faisant digérer de la viande, du pain, des légumes avec ce liquide, et exposant le tout dans un bain-marie, à la température du corps humain, ces aliments furent bientôt transformés en une gelée ou en une bouillie assez liquide, dans laquelle nageaient encore quelques débris de matière végétale.

Ces expériences, tout en démontrant clairement les propriétés dissolvantes du suc gastrique, n'indiquaient ni le principe spécial qui opérait cette dissolution, ni la manière dont on devait la concevoir au point de vue chimique.

MM. Tiedemann et Gmelin avaient été conduits à regarder comme agents spécifiques du suc gastrique les acides libres qu'il renferme. Ayant fait digérer de la fibrine, de l'albumine cuite, du mucus et différents tissus animaux,

Digitized by Google

avec de l'acide acétique et de l'acide chlorhydrique très-affaiblis, ils ont remarqué que ces substances se gonflaient, se ramollissaient et paraissaient se dissoudre en partie. Cependant, leurs expériences et celles qui ont été faites depuis dans la même direction par MM. Beaumont et Müller étaient loin de dissiper tous les doutes à cet égard, et autorisaient plutôt à conclure que la dissolution des aliments s'effectuait sous l'influence d'une matière organique.

4545. Tel était l'état de la question, lorsqu'en 1834, les expériences de M. Eberlé ont répandu une nouvelle lumière sur les phénomènes de la digestion, en démontrant que la dissolution des aliments fibrineux ne s'effectue que par le concours d'une matière organique et d'un acide. M. Eberlé a fait voir qu'en mettant en digestion la membrane muqueuse de l'estomac, préalablement lavée et desséchée avec de l'eau faiblement acidulée avec l'acide chlorhydrique ou acétique, on obtient un liquide capable de dissoudre l'albumine coagulée ou la viande cuite. Des expériences comparatives lui ont démontré que ces aliments ne se dissolvent ni par l'action seule d'un acide ni par l'influence exclusive de la membrane animale. Plus tard, M. Schwann a démontré que le principe actif de cette membrane se dissout dans l'eau pure, et MM. Pappenheim et Wasman ont fait voir qu'il ne perd pas ses propriétés remarquables, lorsqu'on cherche à l'isoler en le précipitant par l'alcool.

D'un autre côté, M. Leuchs a découvert que la salive jouit de la propriété de dissoudre l'amidon, en le transformant en sucre; ses expériences ont été confirmées par MM. Schwann et Lehmann, et plus récemment par M. Mialhe.

Tous ces faits nous permettent d'expliquer d'une manière satisfaisante les modifications que les aliments éprouvent dans le tube digestif. Pendant que la mastication les amène dans un état de division convenable, la salive, sécrétée en abondance, vient les imprégner et faciliter la formation et le glissement du bol alimentaire. Mais, le rôle de la salive ne se borne pas à cette action purement mécanique. D'après les expériences de MM. Leuchs et Mialhe, on est autorisé à admettre qu'elle peut intervenir dans la dissolution de l'amidon, et l'on s'explique aisément ce fait déjà observé par plusieurs physiologistes, que déjà dans

Digitized by Google

l'estomac, l'amidon se transforme partiellement en sucre. Toutefois, l'action que la salive exerce sur l'amidon doit s'arrêter bientôt, d'après les expériences de MM. Bernard et Barreswill. Ces observateurs ont montré, en effet, que la salive acidulée ne possède plus la propriété de dissoudre l'amidon. Elle se comporte alors à la manière du suc gastrique, qui, d'après les mêmes observateurs, ne dissout que les aliments fibrineux. Or, le bol alimentaire reste pendant fort peu de temps en contact avec la salive pure; d'où l'on conçoit que celle-ci ne peut exercer qu'une influence bornée sur l'amidon; dès qu'elle arrive dans l'estomac, elle change de nature en devenant acide, par son mélange avec le suc gastrique, et ne peut plus agir qu'en secondant l'action dissolvante du suc gastrique lui-même.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre que la salive n'exerce, au point de vue chimique, qu'un rôle secondaire dans l'acte de la digestion, et ce qui le prouve, c'est que chez les poissons les glandes salivaires manquent complétement, et que les oiseaux, dont quelques espèces se nourrissent cependant de graines amylacées, ne sécrètent ce liquide qu'en quantité très-peu appréciable.

Le rôle du suc gastrique est beaucoup plus important. C'est dans l'estomac, en effet, que les aliments fibrineux perdent leur consistance, se ramollissent et finissent par se dissoudre, et ces changements sont dus à l'action du suc gastrique, comme les expériences de digestion artificielle l'ont suffisamment prouvé. Pendant que cette dissolution s'opère, on voit les aliments se transformer peu à peu en une pulpe grisâtre à laquelle on a donné le nom de chyme, mais dont la composition doit nécessairement varier suivant la nature des aliments ingérés. Ce qu'il y a de certain, c'est que ce chyme renferme en dissolution des matières albumineuses que les veines de l'estomac absorbent pour les transporter directement dans le torrent de la circulation. Bien entendu que toutes les matières solubles dans l'eau pure se dissolvent dans les boissons ingérées, et sont absorbées avec elles par les veines de l'estomac.

Pendant que ces réactions se passent dans l'estomac, le suc gastrique présente toujours une réaction très-acide. Cette acidité est une condition nécessaire à l'action de la diastase gastrique sur les matières albuminoïdes. J'ai ob-

Digitized by Google

servé qu'en filtrant le suc gastrique sur de la craie, on lui fait perdre presque entièrement ses propriétés dissolvantes et qu'on peut les lui restituer en l'acidulant de nouveau par l'acide chlorhydrique. Bien plus, MM. Bernard et Barreswil ont vu qu'en le rendant alcalin, on peut intervertir son action et le rendre apte à dissoudre l'amidon.

Quoi qu'il en soit, à l'état normal, il dissout avec une grande facilité les aliments fibrineux, sans toucher aux matières grasses. C'est ce qui résulte du moins de nombreuses expériences et surtout de celles que l'on doit à MM. Bouchardat et Sandras. Quant à l'amidon, il paraît que sa dissolution peut commencer dans l'estomac; mais, d'après les mêmes observateurs, il ne se transforme ni en sucre, ni en dextrine, mais donne naissance à une certaine quantité d'acide lactique. Toutefois, la plus grande partie de l'amidon franchit le pylore avec les matières grasses et les résidus de la digestion stomacale, et c'est dans le duodénum seulement et dans l'intestin grêle que s'accomplit l'absorption de ces matières.

La bile, qui, par sa nature et par ses propriétés, se rapproche tant des savons, est éminemment propre sinon à dissoudre du moins à émulsionner les graisses, et à les présenter aux orifices des chylifères dans un état de division favorable à leur absorption. Nier la part active que prend la bile dans les phénomènes de la digestion, ce serait méconnaître la nature de ses fonctions; on s'éloignerait également de la vérité, soit en la regardant comme un produit d'excrétion inutile à l'organisme, soit en admettant qu'elle est destinée à être absorbée toute entière dans le canal digestif.

Sans doute, il est possible qu'une portion des éléments de la bile rentre dans le torrent de la circulation. Ce qui tend à le prouver, c'est que les excréments des serpents et de certains oiseaux sont peu colorés et ne paraissent renfermer qu'une quantité très-minime de bile. D'un autre côté, les excréments des mammifères carnivores et herbivores sont toujours colorés en jaune ou en jaune-verdâtre, et cette coloration est due, sans aucun doute, à la bile. Mais il est difficile de déterminer si la quantité de bile qui est ainsi rejetée avec les excréments correspond à celle qui a été versée dans le tube digestif, par la raison qu'il est presque impossible d'avoir des données positives relative-

Digitized by Google

ment à la quantité de bile sécrétée par un animal. M. Liebig a admis, d'après Schultz, qu'un bœuf sécrète journellement 37 livres de bile, et s'est appuyé sur cette donnée peu certaine pour conclure que les éléments de la bile sont absorbés de nouveau pour servir aux besoins de la respiration. Nous disons que le résultat obtenu par Schultz est incertain. En effet, ce physiologiste y est arrivé d'une manière très-indirecte en calculant la quantité de bile nécessaire pour neutraliser l'acide libre du chyme. Tout le monde comprendra que la base de ce calcul est peu solide, car, comment évaluer la quantité de liqueur acide sécrétée par l'estomac qui passe réellement dans le tube intestinal, et comment tenir compte de celle qui, s'étant formée dans l'estomac, est absorbée directement, au contraire, par les veines de cet organe.

D'après cela, on comprend qu'il peut rester quelques doutes relativement au rôle de la bile dans l'économie; car, s'il est certain que ce liquide sert à émulsionner les matières grasses qui doivent être absorbées par les chylifères, il n'est pas aussi facile de dire ce que deviennent ses éléments, une fois que cette première fonction est accomplie. Chez la plupart des animaux, une portion de la bile est rejetée avec les excréments; mais, il n'est pas impossible qu'une autre partie soit de nouveau absorbée par l'organisme. La bile est un liquide très-riche en carbone et renfermant du soufre à titre de corps non oxydé; c'est en quelque sorte un produit combustible bien différent de l'urine dans laquelle on ne rencontre que des corps oxydés. Cette constitution particulière vient à l'appui de l'opinion qui tend à faire jouer aux éléments de la bile résorbée un rôle actif dans les phénomènes de la respiration. Il faudrait dans ce cas qu'elle fut absorbée par les veines mésentériques; car les chylifères n'en contiennent pas et ne paraissent absorber dans le tube digestif que de la graisse, et peut-être les produits de la dissolution de l'amidon.

C'est principalement dans l'intestin, en effet, que la fécule se transforme en dextrine et en sucre, et cette transformation s'opère par l'action du suc pancréatique. Le pancréas, dont la structure anatomique a tant d'analogie avec celle des glandes salivaires, sécrète comme ces dernières un liquide alcalin qui, d'après les expériences de MM. Bou-

Digitized by Google

chardat et Sandras, transforme rapidement l'empois d'amidon en dextrine et en glucose. On peut donc dire que l'action du suc pancréatique est en quelque sorte complémentaire de celle de la salive.

C'est ainsi que s'accomplit la dissolution des principales substances que renferment nos aliments. Dans l'estomac, se digèrent principalement les matières albumineuses; dans l'intestin les matières grasses et féculentes. Cette digestion s'opère sous l'influence d'un principe azoté analogue aux ferments, et dont les propriétés se modifient suivant qu'il est dissous dans une liqueur acide ou alcaline. Comme on voit, les phénomènes de la digestion se rattachent à ceux que l'on connaît depuis longtemps sous le nom de fermentations ou d'actions de contact.

Telles sont les conséquences les plus nettes que l'on peut tirer des recherches si nombreuses qui ont été entreprises sur la digestion, et parmi lesquelles, outre les travaux classiques de Spallanzani, de MM. Tiedemann et Gmelin, et de tant d'autres physiologistes, il faut citer particulièrement ceux que l'on doit à M. Blondlot et à MM. Bouchardat et Sandras.

CHYLE ET LYMPHE.

Tiedemann et Gmelin, *Die Verdauung.*

Emmert et Reuss, *Ann. de chim.*, t. LXXX, p. 81, *Schar Journ.*, t. V, 691.

L. Gmelin, *Pogg. Ann.*, t. XXXIII, p. 625.

Lassaigne, *Traité de chimie de M. Berzélius.*

Marchand et Colberg, *Pogg. Ann.*, t. XLII, p. 625.

Simon, *Hanzbuch der medizinischen chemie.*

Bouchardat et Sandras, *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 1450.

4546. Nous avons vu que l'absorption veineuse, si active à la surface de l'estomac, porte directement dans le sang la majeure partie des aliments azotés rendus solubles par l'action du suc gastrique. Les produits de la digestion intestinale passent dans le sang d'une manière moins directe : ils se rendent d'abord dans un appareil particulier, où l'on peut les suivre et les recueillir. Ce sont les vaisseaux chylifères qui charrient les principes que la digestion intestinale a rendus aptes à être absorbés. On comprendra, sans peine, qu'il est impossible de recueillir à l'état de pureté le

Digitized by Google

liquide que les radicules des chylifères pompent dans l'intestin, et auquel on a donné le nom de chyle; car les chylifères, proprement dits, sont d'une extrême ténuité, et en outre ils s'anastomosent bientôt avec les vaisseaux lymphatiques, de telle manière que le chyle, qu'on peut recueillir sur le trajet des chylifères et dans le canal thoracique lui-même, est déjà mélangé d'une quantité de lymphe qu'il est difficile d'apprécier. Aussi, les propriétés qu'on a reconnues au chyle liquide se rapportent-elles à un mélange de chyle et de lymphe tel que celui qu'on peut recueillir dans le canal thoracique.

En général, le chyle est un liquide blanc laiteux, quelquefois coloré en rose ou même en rouge. Il renferme de la fibrine et de l'albumine : aussi se coagule-t-il spontanément et au bout de huit à dix minutes. Le sérum qui baigne le caillot de fibrine se coagule par la chaleur. Il est probable que c'est la lymphe qui verse dans le chyle la fibrine qu'il renferme. On a remarqué, en effet, que ce liquide ne se coagule spontanément que quand on le recueille au-delà des ganglions lymphatiques du mésentère. Les radicules des chylifères absorbent principalement des matières grasses : aussi le chyle est-il très-riche en globules gras auxquels viennent se mélanger quelques globules incolores de lymphe; quelquefois le chyle est coloré en rose ou prend une teinte rose clair; il ne renferme cependant jamais de globules sanguins proprement dits. Il contient les sels qu'on trouve dans le sang.

Voici quelques analyses du chyle que l'on doit à MM. Tiedemann et Gmelin et F. Simon. Ces observateurs l'ont extrait du canal thoracique du cheval.

	Tiedemann et Gmelin.			
	I.	II.	III.	IV.
Eau	924,3	949,8	918,03	967,9
Coagulum....	17,5	4,2	7.08	1,9
Albumine....	45,5	34,3	42,08	19,1
Mat. grasses..	traces	une p. quant.	16,12	p. quant.
Extr. aqueux.	7,9	8,4	11,08	9,2
Extrait alcolique et sels..	5,6	2,3	200	0,9

Digitized by Google

		Simon.	
	I.	II.	III.
Eau	940,6	928,0	916,0
Fibrine	0,3	0,8	0,9
Graisse	1,2	10,0	3,5
Albumine	42,7	46,4	60,5
Matière colorante du sang	0,4	traces	5,7
Matières extractives et sels	10,1	13,7	12,8

Ces analyses suffisent pour faire voir dans quelles limites étendues la composition du chyle peut varier. On remarque surtout des différences considérables pour les proportions de matières grasses qu'il renferme; mais, ces variations n'ont rien d'étonnant, car la composition du chyle doit nécessairement changer, suivant la nature des aliments ingérés. MM. Tiedemann et Gmelin, Bouchardat et Sandras, ont fait à ce sujet des expériences intéressantes.

Le chyle des animaux, dans la nourriture desquels on a fait entrer une très-forte proportion d'huile d'amandes douces, est opaque, et on peut, au moyen de l'éther, en extraire de 10 à 14 pour cent d'huile d'amandes. On retrouve de même le suif dont on mélange les aliments. Mais, quand on colore ces matières grasses par de l'orcanette ou du curcuma, on trouve néanmoins le chyle incolore, les vaisseaux chylifères n'absorbant pas la matière colorante.

La cire passe dans le chyle, mais en petite quantité; si on la dissout dans de l'huile d'olives, dans la proportion de 4 parties d'huile pour une de cire, on la retrouve en quantité plus considérable. Comme le font remarquer MM. Bouchardat et Sandras, ces expériences sont bien faites pour démontrer que les chylifères n'absorbent dans l'intestin que les matières grasses, qui se retrouvent divisées, mais non modifiées, dans le chyle.

On a fait quelques expériences sur la lymphe humaine et sur celle du cheval. On conçoit qu'il est plus facile de recueillir ce liquide à l'état de pureté que de se procurer du chyle pur. Ses propriétés sont d'ailleurs identiques avec celles de ce dernier liquide. Elle renferme, d'après MM. Tiedemann et Gmelin :

Digitized by Google

Eau	961,0
Fibrine	2,5
Albumine	27,5
Chlorure de sodium, carbonate et phosphate de soude, et matière animale.	2,5
Matière extractive et lactate de soude.	6,9

Il est à remarquer qu'on n'a pas signalé de graisse dans les matériaux de la lymphe.

MM. Marchand et Colberg ont analysé la lymphe qui s'écoulait par une blessure du dos du pied. Elle renfermait :

Eau	969,26
Fibrine	5,02
Albumine	4,34
Matière extractive	3,12
Graisse	2,06
Chlorures, carbonates et lactates alcalins, sulfate et phosphate de chaux et traces d'oxyde de fer	15,40

Matières excrémentitielles.

4547. Les excréments se composent du résidu des aliments et de tous les produits des sécrétions qui viennent s'y joindre, et qui ne sont pas de nature à être absorbés de nouveau.

On désigne sous le nom de méconium les matières qui s'accumulent dans le tube intestinal du fœtus, et qui ne sont formées que par les produits de ces sécrétions.

On ne possède qu'une analyse de méconium humain : elle est due à M. F. Simon. D'après la description qu'il en donne, c'est une masse molle d'une couleur brune noirâtre, d'une odeur et d'une saveur douceâtre et fade. Quand on l'examine au microscope, on y reconnaît, outre une masse de débris épithéliques, de nombreuses lamelles qui ressemblent à de la cholestérine cristallisée, et des globules plats qui peuvent se comparer à des globules sanguins décolorés. L'éther lui enlève des matières grasses et de la cholestérine; l'alcool aqueux en extrait une matière qui possède les propriétés de la caséine. Cent parties de méconium desséché renferment, d'après M. Simon :

Digitized by Google

Cholestérine.....	16,00
Matières extractives mélangées de bile	14,00
Caséine.....	34,00
Matières de la bile.....	10,00
Mucus, albumine, etc.....	26,00
	100,00

Les cendres du méconium ont été analysées par M. Payen; il y a trouvé des carbonates alcalins et du phosphate de chaux.

Nous mettrons en regard de cette première analyse celle qui a été faite sur les matières fécales d'un enfant de six jours nourri par le lait de sa mère. Cette matière avait la consistance d'une bouillie; elle était jaune, et possédait l'odeur et la saveur du lait aigri. Elle ne contenait plus de débris épithéliques, mais une quantité considérable de globules de matières grasses, sans cholestérine.

100 de résidu sec renfermaient:

Matières grasses.....	52
Matière colorante de la bile et graisse..	16
Albumine ou caséine coagulée.....	18
Perte et eau.....	14
	100

M. Berzélius a examiné les excréments d'un homme qui avait mangé du pain bis et de la viande.

Ce sont des masses agglutinées qui ne se mêlent que lentement avec l'eau, et qui forment avec elle une bouillie trouble et difficile à filtrer, même à travers un linge; il passe un liquide brunâtre encore trouble, qui, au bout de quelques jours, s'éclaircit assez pour qu'on puisse le filtrer sur du papier.

Le liquide clair se colore rapidement par son contact avec l'air. Abandonné à l'évaporation spontanée, il se couvre peu à peu de cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien dont la formation est due à l'ammoniaque qui se produit par la décomposition des matières azotées et au phosphate de magnésie dissous dans les excréments.

La portion soluble des excréments, évaporée en consistance sirupeuse, est délayée dans l'alcool. et la dissolution alcoolique est mélangée avec un peu d'eau distillée. Le résidu est traité par l'acide sulfurique, qui en précipite une matière brune, cohérente, qui se compose en ma-

Digitized by Google

jeure partie des matériaux de la bile comparables à l'acide choloïdique. La matière insoluble dans l'alcool se compose presque entièrement d'albumine.

L'alcool retient des matières extractives brunes de nature animale et du lactate alcalin.

La matière insoluble qui se dépose du liquide trouble, déjà filtré à travers un linge et qui bouche si facilement les pores du papier, paraît être presque entièrement composée de mucus. Elle se dissout dans la potasse; l'éther et l'alcool lui enlèvent des matières grasses et de la résine biliaire (acide choloïdique). La masse épuisée par l'alcool bouillant cède à l'eau une matière jaune qui se putréfie rapidement, en prenant une couleur plus foncée et en répandant l'odeur qui caractérise l'urine pourrie. On peut également isoler ce principe en traitant la matière insoluble dont il s'agit par l'hydrate de chaux, qui forme une combinaison insoluble avec la graisse et avec la résine biliaire. L'autre substance se dissout dans l'eau de chaux et peut être isolée en précipitant la chaux par un courant d'acide carbonique ou par de l'acide oxalique.

Les matières qui restent sur les filtres de toile se composent principalement des débris intacts des aliments, tels que le son, les pelures de pommes de terre et d'autres matières végétales épuisées. Leur composition varie d'après celle des aliments ingérés.

M. Berzélius conclut de ses analyses et des réactions qu'il a observées, que les matières fécales renferment une combinaison insoluble de la matière biliaire avec les sécrétions du tube intestinal, combinaison qui est détruite par l'alcool et la chaux. Voici, d'ailleurs, les résultats de son analyse :

Eau			75,3
Matières solubles dans l'eau	Bile	0,9	5,7
	Albumine	0,9	
	Matière extractive	2,7	
	Sels	1,2	
Matière insoluble des aliments			7,0
Matières insolubles provenant du canal intestinal : mucus, résine biliaire, graisse, matière animale particulière, etc., etc.			14,0
			100,0

Digitized by Google

Pour déterminer la nature des sels contenus dans les matières fécales, M. Berzélius a épuisé trois onces d'excréments frais par une grande quantité d'eau. La dissolution aqueuse, évaporée à siccité, a laissé un résidu qui a donné, après la calcination, 15 grains 5 dixièmes de cendres composées de :

Carbonate de soude (provenant du lactate).	5,5
Chlorure de sodium.....	4,0
Sulfate de soude.....	2,0
Phosphate de magnésie.....	2,0
— de chaux.....	4,0
	15,5 gr.

Les excréments secs laissent, par l'incinération, 0,15 pour 100 de cendres presque noires qui renferment :

Phosphate de chaux et de magnésie, traces de sulfate de chaux.....	0,100
Carbonate de soude.....	0,005
Sulfate de soude, avec des traces de sulfate de potasse et phosphate de soude.	0,008
Silice.....	0,016
Charbon.....	0,018
	0,150

Les excréments, distillés avec une certaine quantité d'eau, fournissent un liquide très-fétide contenant de l'hydrogène sulfuré ; il précipite en gris-brunâtre par l'acétate de plomb en perdant son odeur repoussante.

Le chlore blanchit les excréments humains. Quand on les traite par l'acide sulfurique ou chlorhydrique, ils dégagent une odeur très-forte et se colorent en violet ou en noir.

MM. Einhof et Thaer ont, les premiers, fait quelques expériences sur les excréments de vache, et M. Morin en a publié une analyse assez complète dont voici les résultats :

Eau.....	70,00
Débris végétaux.....	24,08
Résine verte et acides gras...	1,52
Matières de la bile inaltérée..	0,60
Bubuline.....	1,60
Albumine.....	0,40
Résine de la bile.....	1,80
	100,00

Digitized by Google

La substance que M. Morin a appelé bubuline ressemble, par toutes ses propriétés, à la matière extractive jaune que Berzélius a rencontrée dans la matière fécale humaine, et qui se colore en brun au contact de l'air.

Concrétions intestinales.

4548. Les concrétions biliaires sont assez rares chez les animaux; cependant, la race bovine en a offert quelques exemples.

Les bézoards se forment souvent dans le canal intestinal; aussi ont-ils parfois des noyaux formés par une agglomération de poils feutrés, que les animaux avalent en se léchant. Ils possèdent ordinairement une couleur d'un brun verdâtre; ils se dissolvent dans les alcalis, et les acides précipitent ces dissolutions. L'eau n'en dissout qu'une très-petite portion en se colorant en jaune. Quelques uns se dissolvent dans l'alcool, tandis que d'autres y sont insolubles.

Les calculs volumineux connus sous le nom de *bézoards orientaux*, paraissent être des concrétions biliaires; au moins la substance qui constitue la majeure partie de ces bézoards a-t-elle été retrouvée dans certains calculs que renferme la vésicule biliaire. C'est un acide découvert par M. Gœbel, et étudié plus spécialement par MM. Wœhler, Ettling et Will, Malaguti et Sarzeau. On l'a désigué sous le nom d'acide *lithofellique*.

L'acide lithofellique, qui constitue un grand nombre de ces calculs, est cristallisable. Pour l'obtenir à l'état de pureté, il suffit de dissoudre dans l'alcool les calculs qui en sont formés, de décolorer la dissolution par du charbon animal et d'évaporer.

Il se présente sous la forme de petits prismes hexagones brillants, durs et faciles à pulvériser. Ces cristaux sont insolubles dans l'eau, et très peu solubles dans l'éther.

Ils fondent à 205°, et se prennent en masse cristalline par le refroidissement; si on les chauffe à une température un peu plus élevée, ils forment par le refroidissement une masse vitreuse qui fond de 105° à 110°, et qui constitue une véritable modification isomérique. Lorsqu'on la dissout dans l'alcool et qu'on laisse refroidir, on obtient de nouveau des cristaux d'acide lithofellique ordinaire.

Cet acide se dissout dans l'acide sulfurique et dans l'a-

Digitized by Google

cide acétique. Il se combine aux alcalis pour former des sels solubles. La combinaison ammoniacale se détruit par l'évaporation spontanée.

Avec la chaux, la baryte, il forme des sels insolubles dans l'eau.

Le sel d'argent est également peu soluble; on l'obtient en précipitant une dissolution de lithofellate d'ammoniaque dissous dans l'alcool par du nitrate d'argent; le précipité se redissout en chauffant, et cristallise par le refroidissement.

L'acide lithofellique se représente, d'après MM. Ettling et Will, par la formule :

$$C^{42}\,H^{70}\,O^{8}.$$

D'après M. Wœhler, il est formé de :

$$C^{40}\,H^{70}\,O^{7},\ H^{2}\,O.$$

Traité par l'acide nitrique, il donne naissance à un nouveau corps, l'acide *lithazofellique*, renfermant, d'après MM. Malaguti et Sarzeau, 2 équiv. de vapeur nitreuse, $Az^{4}\,O^{8}$, et 6 équiv. d'oxygène qui remplacent ensemble 8 équiv. d'hydrogène. Il dérive donc par substitution de l'acide lithofellique comme le font voir les formules suivantes :

$C^{40}\,H^{72}\,O^{8}$ acide lithofellique.

$C^{40}\left\{\begin{matrix} H^{56} \\ O^{6}\cdot O^{8} \\ Az^{4}\,O^{8}\end{matrix}\right.$ acide lithazofellique.

A la distillation sèche, l'acide lithofellique se dédouble en eau et en acide *pyrolithofellique* d'après l'équation suivante :

$$C^{40}\,H^{72}\,O^{8} = 2H^{2}\,O + C^{40}\,H^{68}\,O^{6}.$$

Tout récemment, M. Wœhler a extrait d'un bézoard un acide différent de l'acide lithofellique, et qu'il avait d'abord envisagé comme un acide particulier. Mais il vient de constater que cet *acide bézoardique* est identique avec l'acide ellagique découvert depuis longtemps par M. Braconnot. Cette observation paraît prouver que les matières de ces concrétions intestinales peuvent être introduites directement, par les aliments, dans le canal digestif, comme on pouvait s'y attendre.

Digitized by Google

Gaz intestinaux.

4549. En commençant l'examen des gaz intestinaux par ceux qui se rencontrent dans l'estomac, on ne trouve ordinairement dans cet organe que de l'air, que l'animal avale pendant la déglutition; mais bientôt une portion de l'oxygène de cet air est absorbée, et dans l'intestin grêle on ne trouve plus que de l'azote, auquel viennent s'ajouter de l'acide carbonique, de l'hydrogène, des gaz carburés et des quantités notables d'hydrogène sulfuré.

A l'état normal, c'est-à-dire dans un animal sain, les gaz intestinaux sont toujours peu abondants, mais leur quantité augmente considérablement dans les mauvaises digestions. La nourriture a une très grande influence sur la production de ces gaz, qui proviennent toujours, dans l'intestin grêle, des décompositions spontanées que les aliments y subissent. Il suffit de manger des substances légumineuses qui contiennent une quantité notable de matières sulfurées, pour voir apparaître abondamment l'hydrogène sulfuré dans l'intestin.

Le tube digestif des fœtus vivants ne contient pas de gaz.

Voici les analyses publiées par MM. Chevreul et Magendie, sur les gaz contenus dans les intestins de quatre suppliciés.

1° Le tube digestif d'un jeune homme de 24 ans, qui avait pris, deux heures avant son supplice, du pain de prison, du fromage de Gruyère et de l'eau rougie, renfermait :

	Estomac.	Intestin grêle.	Gros intestins.	
Oxygène	11,00	0,00	0,00	
Acide carbonique	14,00	24,39	43,50	
Hydrogène pur	3,55	55,53	4,47	Avec traces d'hydrogène sulfuré.
Azote	71,45	20,08	51,03	
	100,00	100,00	100,0	

2° L'intestin d'un jeune homme de 23 ans, ayant fait le même repas que le précédent contenait :

Digitized by Google

Estomac.	Intestin grêle.	Gros intestin.	
Une bulle de gaz qu'on n'a pu examiner.			
Acide carbonique.....	40,00	70,00	
Hydrogène pur.....	51,15	11,60	Avec hydrogène carboné.
Azote.....	8,85	18,40	
	100,00	100,00	

3° Enfin dans les viscères d'un sujet de 28 ans, qui avait mangé, quatre heures avant sa mort, du pain, du bœuf bouilli, des lentilles et bu du vin rouge, on a trouvé :

	Intestin grêle.	Cœcum.	Rectum.
Acide carbonique....	25,00	12,50	42,86
Hydrogène pur.....	8,40	7,50	0,00
Hydrogène carboné..	0,00	12,50	11,18
Azote.....	66,60	67,50	45,96
	100,00	100,00	100,00

Le docteur Jurine a avancé que la quantité d'acide carbonique est plus grande dans l'estomac et dans l'intestin grêle que dans le gros intestin, et qu'au contraire celui-ci contient plus d'azote que l'intestin grêle et l'estomac; résultat qui ne s'accorde pas tout à fait avec les expériences de MM. Magendie et Chevreul. Les expériences de Jurine avaient été faites sur le cadavre d'un fou mort de froid et ouvert aussitôt.

Vauquelin a analysé les gaz provenant d'animaux morts de maladie; ils renferment beaucoup d'acide carbonique, d'hydrogène carboné, du gaz hydrogène sulfuré et très-peu d'air.

Quand on laisse paître des vaches dans des champs de trèfle humide, on les voit parfois s'enfler assez promptement, et périr même, si on ne remédie pas au mal par des secours immédiats. Il paraît que c'est surtout sur les trèfles plâtrés que cet effet se produit. Cette maladie, connue sous le nom d'empansement ou de météorisation, a été étudiée par MM. Lameyran et Fremy d'une part, et M. Plüger de l'autre. Elle est toujours due à un développement considérable de gaz qui a lieu dans l'estomac de ces animaux.

Digitized by Google

MM. Lameyran et Frémy ont analysé les gaz qu'ils avaient extraits par la ponction d'une vache extrêmement météorisée. Ils ont trouvé que ces gaz étaient composés de :

Hydrogène sulfuré.....	80
Hydrogène carboné.....	15
Acide carbonique.....	5
	100

Lorsque les gaz accumulés dans l'intestin présentent cette composition, on a recours, pour soulager les vaches empansées, à l'ammoniaque caustique mélangée d'eau. Un gros d'ammoniaque et quatre onces d'eau suffisent.

M. Plüger a eu occasion d'examiner les gaz de deux vaches météorisées. Ils exhalaient une odeur infecte, mais ne renfermaient pas d'hydrogène sulfuré. Les trois cinquièmes du gaz renfermé dans l'estomac de l'une de ces vaches étaient absorbés par l'eau de chaux en la troublant; le gaz restant était composé d'oxyde de carbone. Pour la seconde, un cinquième de gaz seulement était absorbé, le restant était encore de l'oxyde de carbone. On comprend que dans un cas pareil au dernier, il faille recourir à la ponction, seule manière de soulager les animaux malades de la sorte.

CHAPITRE VIII.

LAIT.

SCHEELE, *Mémoires*, t. II, 51.

PARMENTIER et DEYEUX, *Traité sur le Lait. Journal de physique*, t. XXXVII, p. 361 et 415.

BOUILLON-LAGRANGE, *Ann. de chimie*, t. L, p. 272.

BERZELIUS, *Ann. de chim.*, t. LXXXIX, p. 41.

BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, XLIII, p. 337.

LECANU, *Journal de pharm.*, t. XXV, p. 201.

HENRI et CHEVALLIER; *Journal de pharm.*, t. XXV, p. 333 et 401.

PAYEN, *Journal de chimie médicale*, t. IV, p. 118.

Digitized by Google

[illegible], Ann. de chim. et de phys., [illegible], p. 31.

[illegible] et Le Bel, Ann. de chim. et de phys., t. [illegible], p. 6[illegible].

[illegible], Ann. de chim. et de phys., t. lxxiii, p. [illegible].

Donné, Du Lait, et en particulier de celui des nourrices.

Quevenne, Ann. d'hygiène et de méd. légale, t. [illegible].

F. Simon, Die Frauenmilch, nach ihrem chem. und phys. Verhalten. Berl., 1838.

[illegible] et Fremy, Ann. de chim. et de phys., 3e série, t. ii, p. 257.

Dumas, Boussingault et Payen, Ann. de chim. et de phys., 3e série, t. viii, p. 63.

Haidlen, Ann. der Chem. und Pharm., t. xlv, p. 26[illegible].

Boussingault, Ann. de chim. et de phys., 3e série, t. [illegible], p. [illegible].

4530. Nous avons déjà fait l'histoire des principaux matériaux qui composent le lait; nous avons vu que le lait des animaux herbivores est caractérisé par la présence : 1° de la caséine; 2° des matières grasses qui constituent le beurre; 3° d'une matière sucrée; 4° d'une certaine quantité de sels, variables dans beaucoup de circonstances; nous allons maintenant envisager le lait dans son ensemble.

Considéré comme l'aliment principal des animaux jeunes, le lait mériterait déjà de fixer l'attention des physiologistes; il constitue, en effet, l'aliment le plus complet, puisqu'il suffit au développement des animaux, en leur fournissant la matière organisable azotée capable de produire tous les tissus de l'économie; les aliments calorifiques, comme le beurre et le sucre; enfin, les sels nécessaires au développement de la charpente osseuse.

Mais l'intérêt qui s'attache à l'étude du lait augmente encore, quand on cherche à se rendre compte de sa production, soit au point de vue purement physiologique, soit au point de vue des exploitations agricoles, auxquelles il offre d'immenses ressources.

Le lait est sécrété par les mamelles des mammifères femelles, vers la fin de la gestation et après la naissance du petit. C'est un liquide opaque d'un blanc pur et caractéristique; quand il est sain, il est constitué par une dissolution de caséine, de lactose et de sels, dans laquelle flottent des globules isolés et parfaitement circulaires de

Digitized by Google

matière butyreuse, dans une véritable émulsion homogène, très liquide et mobile. Les globules des matières grasses du lait n'ont pas un diamètre constant pour le même lait, et à plus forte raison pour le lait provenant de différentes espèces d'animaux. Ce diamètre peut varier beaucoup; cependant, on peut admettre, comme terme moyen, qu'il est compris entre 1 et 3 centièmes de millimètre pour la plupart des laits. Les globules du lait de femme sont, en général, plus grands que ceux du lait de vache, d'après M. F. Simon.

On a émis, au sujet de la constitution physique des globules gras du lait, deux opinions très différentes. Quelques physiologistes supposent que la matière grasse est enfermée dans une membrane cellulaire albuminoïde, analogue aux membranes des tissus adipeux. MM. Raspail, Henle, F. Simon sont dans ce cas. D'autres croient que les globules gras flottent entièrement libres dans le lait, comme cela a lieu dans les émulsions.

Ces derniers se fondent sur ce que dans l'opération du baratage, bien avant la séparation complète des masses de beurre, on voit les globules se souder entre eux, et donner naissance, à mesure que l'opération avance, à des globules plus grands, qui viennent former enfin de larges plaques de matière grasse. Une autre circonstance est citée à l'appui de cette opinion : quand on injecte du lait dans le sang d'un animal, on peut, à l'aide du microscope, très-bien distinguer les globules de lait des globules du sang dans lequel il est injecté; au bout de quelques heures, les premiers s'accolent deux à deux ou même en plus grand nombre, et se revêtent d'une gelée membraneuse, qui finit par devenir très visible, parce qu'elle a un pouvoir réfringent différent de celui de la masse liquide. Or, M. Ascherson a observé que quand on laisse tomber des gouttes huileuses dans des liquides albumineux, elles ne tardent pas à s'entourer d'une membrane.

Mais, si la facile réunion des globules butyreux, sous l'influence du baratage ou sous celle de la circulation, tend à les faire envisager comme dépouillés de toute enveloppe, il y a d'autres considérations qui conduisent à une opinion tout à fait opposée.

En effet, si les globules gras qui flottent dans le lait étaient libres, il devrait suffire d'agiter le lait avec de l'éther pour s'en emparer. Or, rien de pareil ne se présente,

Digitized by Google

et malgré une agitation prolongée avec l'éther, on voit le lait demeurer tout à fait opaque.

Vient-on, au contraire, à ajouter au lait quelques gouttes d'acide acétique concentré et à porter le mélange à l'ébullition, de manière à dissoudre tout le caséum, qu'il peut contenir à divers états, on voit alors les globules de beurre grossir, comme si plusieurs d'entre eux s'étaient réunis pour constituer ces grosses gouttes graisseuses. En outre, la liqueur, agitée avec de l'éther, s'empare de la totalité du beurre.

Ajoutons à ce caractère, qui déjà semble laisser peu de doute sur la réalité de l'existence d'une enveloppe autour de chaque globule butyreux, l'effet qu'on observe, quand on ajoute au lait une dissolution saturée de sulfate de soude ou de sel marin. Ces sels neutres lui donnent la propriété de filtrer, en laissant sur le filtre la totalité des globules gras, tandis que le caséum soluble, le sucre de lait et les sels, passent en dissolution limpide.

Sans affirmer qu'on ne puisse y parvenir, je dois dire que je n'ai pu dépouiller le beurre resté sur le filtre de la totalité de la matière caséeuse par des lavages prolongés à l'eau salée, ce qui s'accorderait avec la supposition de l'existence d'une enveloppe autour des globules gras.

4551. Les auteurs ne sont pas d'accord sur la réaction que présente le lait frais, quand on le met en contact avec du papier de tournesol. C'est que le lait, alcalin au moment où on l'extrait, peut devenir acide, à l'air, en très-peu de temps. D'Arcet et Petit l'ont trouvé parfois alcalin, parfois acide chez la vache; alcalin, lorsque les vaches étaient à la pâture; acide, lorsqu'elles étaient nourries au sec dans l'étable. Le lait de femme est toujours très-alcalin, et paraît conserver cette propriété d'autant plus longtemps, qu'il provient d'une femme saine et vigoureuse; il acquiert bientôt à l'air la réaction acide, quand il provient de femmes maladives.

Le lait d'ânesse, fraîchement tiré, serait acide d'après M. Péligot; il est alcalin selon d'autres observateurs; en tout cas, il le devient, quand on administre du bicarbonate de soude à l'animal.

Abandonné à l'air, pendant quelque temps, le lait devient toujours acide; cette acidité est due à la formation spontanée d'un peu d'acide lactique.

Digitized by Google

La densité du lait est variable; celle du lait de vache se maintient, le plus souvent, entre 1,030 et 1,032.

Voici la densité de quelques laits, d'après Brisson :

Femme.....	1,0203
Cavale.....	1,0346
Anesse	1,0355
Chèvre.....	1,0341
Brebis.....	1,0409
Vache.....	1,0324

Il est très difficile de donner des moyennes de densité pour un liquide que beaucoup de circonstances peuvent modifier ; en effet, il suffit de se rappeler que les substances grasses sont plus légères que l'eau et que les dissolutions de sels, de matières sucrée ou caséeuse, sont plus lourdes, pour comprendre que la densité du lait peut varier, suivant que sa richesse en beurre, en caséine ou en sels, augmente ou diminue, et qu'elle peut demeurer stationnaire malgré des changements considérables, si les produits solubles diminuent en même temps que le beurre, et réciproquement.

Soumis à l'ébullition, le lait ne se coagule pas, il se recouvre de pellicules membraneuses qu'on peut enlever, et qui constituent la franchipane.

Nous verrons plus loin dans quelles circonstances le lait frais se coagule.

Au point de vue chimique, le lait offre un mélange de toutes les propriétés que nous avons reconnues aux matières organiques qui le constituent; aussi, serait-il inutile d'insister longuement sur ce point.

Tous les acides coagulent le lait, en précipitant la caséine, qui entraîne avec elle la matière grasse; c'est ainsi qu'agissent les acides acétique, lactique, chlorhydrique, sulfurique, etc. : il suffit de chauffer le lait à 75° environ, pour que ce phénomène s'accomplisse. Quelques gouttes d'acide suffisent souvent, pour coaguler une quantité considérable de lait.

Le lait de femme, qui se distingue, comme nous l'avons vu, par une alcalinité assez marquée, nous offre, à cet égard, une particularité que ne présentent aucun des autres laits examinés jusqu'à présent. En effet, quand on veut coaguler du lait de femme, il faut commencer par le

Digitized by Google

mélanger avec la moitié de son volume d'alcool, et y ajouter ensuite quelques gouttes d'acide sulfurique ; sans ces précautions, il prend tout simplement un état visqueux particulier, qu'il ne possédait pas auparavant.

4532. Abandonné à lui-même, pendant quelque temps, dans un lieu propre et frais, le lait, au bout de vingt-quatre heures, se sépare en deux couches distinctes : la première, qu'on nomme *crème*, surnage ; la seconde, a reçu le nom de lait écrémé. Les globules graisseux, spécifiquement plus légers que le liquide dans lequel ils flottent, se réunissent à la partie supérieure du lait, et y constituent cette couche de crème beaucoup plus jaune que lui, et composée principalement de la matière grasse ; cette couche finit par devenir assez homogène, à mesure que la plus grande partie du sérum s'en sépare ; celui-ci retient cependant une portion assez considérable de matière butyreuse.

Conservé plus longtemps, le lait finit par devenir fortement acide et par se coaguler. Ce phénomène est dû à la production spontanée d'une certaine quantité d'acide lactique, qui réagit sur la caséine et la précipite en entier. L'acide lactique se produit toujours, à la suite d'une fermentation spéciale, que MM. Boutron et E. Fremy ont étudiée dans ces derniers temps.

Cette propriété du lait se rattache donc aux phénomènes si variés des fermentations. M. Gay-Lussac a démontré, en effet, que de même que, dans la fermentation du jus de raisin, l'air intervient en provoquant la formation du ferment alcoolique, de même aussi, il intervient dans la formation du ferment, qui produit l'acide lactique. On peut, en effet, conserver le lait, pendant plusieurs mois, si on le fait bouillir tous les jours : de cette manière, on chasse l'air qu'il a pu absorber, et on prévient sa coagulation.

D'Arcet a cherché à retarder la coagulation du lait, qui se consomme en si grande quantité à Paris, et qui est surtout sujet à cette altération en été ; il conseille d'y ajouter, quand il doit être transporté un peu loin, 1/2000 de son poids de bicarbonate de soude : l'innocuité de ce sel en permet l'emploi d'une manière avantageuse.

La coagulation spontanée du lait, est due à la fermentation lactique, mais elle devient bientôt elle-même un obstacle à sa continuation ; si on veut que cette fermentation

Digitized by Google

continue, il faut neutraliser, par du bicarbonate de soude, l'acide qui se produit. Ce sel, en rendant le caséum soluble, le dispose à agir comme ferment lactique.

Mais, si on laisse subsister la réaction acide, la fermentation prend un autre caractère ; on observe un dégagement de gaz, et il se produit de l'alcool.

On sait, depuis longtemps, que les Tartares convertissent le lait de jument en une liqueur spiritueuse, dont ils retirent de l'alcool par la distillation. Voici comment ils opèrent.

Le vase destiné à faire fermenter le lait, est fait avec de la peau de cheval non tannée, mais fortement durcie par la fumée. Sa forme est conique et un peu triangulaire. Il paraît se composer de trois morceaux attachés à une base circulaire. C'est dans cette espèce d'outre qu'on introduit le lait qu'on veut faire fermenter; on la remplit, à peu près jusqu'aux trois quarts, et on ferme son ouverture, avec une lanière faite de la même peau que celle qui a servi à fabriquer l'outre. On agite ce vase plusieurs fois par jour, et on l'ouvre de temps en temps. Au bout de quelques jours, le lait a déjà acquis une saveur et une odeur vineuses. On continue à l'agiter, jusqu'à ce que l'acidité soit devenue plus considérable : bientôt, il arrive un moment où elle diminue; on décante alors la liqueur, pour la séparer du magma qui s'est déposé; on l'enferme aussitôt dans d'autres outres, et on la consomme comme vin.

Ce procédé n'est pas le seul qu'emploient les habitants des diverses contrées de la Tartarie.

Quelquefois, ils se contentent d'ajouter au lait qu'ils veulent faire fermenter, une portion de lait aigre ; ou bien ils versent le lait frais sur le magma qui constitue le résidu d'une fermentation précédente; d'autres, enfin, ajoutent au lait de la pâte aigrie de farine d'orge ou d'avoine.

Parmentier et Deyeux ont examiné les produits de la fermentation spontanée du lait de vache, et ont constaté la nature alcoolique de cette fermentation, en recueillant l'acide carbonique et isolant l'alcool. Schéele avait déjà observé le dégagement d'acide carbonique. Dernièrement, M. Hess a complété cette étude.

Si on laisse la liqueur alcoolique au contact de l'air, la fermentation change encore de nature ; il y a absorption d'oxygène et formation d'acide acétique. Schéele avait

Digitized by Google

proposé d'appliquer cette propriété du lait à la fabrication du vinaigre. En mettant une cuillerée d'esprit de vin, renfermant 50 p. 100 d'alcool, par litre de lait frais, on obtient, dit-on, au bout d'un mois, une liqueur chargée d'acide acétique et exempte d'acide lactique.

4553. L'alcool, le tannin, la plupart des sels métalliques précipitent le lait, soit en s'emparant de l'eau, soit en se combinant au caséum.

Beaucoup de plantes peuvent coaguler le lait; elles agissent ordinairement par les acides qu'elles renferment. Parmi celles qui n'offrent pas de réaction acide, les fleurs d'artichaux et de chardon jouissent cependant de la propriété dont il s'agit. Chose remarquable, lorsqu'on prépare l'infusion de ces fleurs à chaud, elles ne coagulent plus le lait, quoiqu'une infusion froide agisse d'une manière plus rapide et plus efficace, lorsque le lait a été préalablement chauffé.

Le *pinguicula vulgaris* possède la propriété d'aigrir le lait et de le rendre si visqueux, qu'on peut aisément le tirer en fils. Une fois que cette opération a été faite dans un vase de bois, celui-ci conserve cette propriété. Le lait, ainsi modifié, provoque une altération semblable dans du lait frais qu'on met en contact avec lui.

Dans quelques provinces septentrionales de la Suède, on se sert du lait ainsi modifié comme nourriture. On lui donne le nom de *Tatmjolk*.

Parmi les corps qui déterminent la coagulation du lait, aucun n'agit d'une manière aussi remarquable que la présure; une partie de présure coagule, en effet, 50,000 parties de lait.

La présure, telle qu'on l'emploie à Paris, est un liquide acide très complexe; elle renferme de l'acide chlorhydrique, de l'acide lactique, des acides gras volatils, des sels terreux, du sel ammoniac, du sel marin; en outre, la substance animale azotée, à laquelle elle doit particulièrement la propriété de coaguler le lait. On a donné à ce corps le nom de *chymosine*; ses caractères se rapprochent de ceux de la *pepsine*, et toutefois ces deux corps ne sont pas identiques. La chymosine est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, et les huiles; elle se dissout dans l'eau, à la faveur des acides, les alcalis la précipitent à l'état de flocons; le

Digitized by Google

tannin la précipite également. Elle réduit l'acide iodique à l'état d'iode.

C'est à la présence de cette substance, que la membrane muqueuse de l'estomac des animaux, et le liquide de l'estomac lui-même, doivent la propriété de précipiter le lait.

La présure est employée, tantôt à l'état liquide, tantôt à l'état sec. Voici comment on la prépare : on prend la caillette d'un veau qui n'a pris que du lait pour nourriture, on en détache les grumeaux et on les lave à l'eau fraîche. Après les avoir essuyés avec un linge bien propre, on les sale et on remet le tout dans la caillette, qu'on fait sécher pour s'en servir au besoin.

La minime quantité de présure, soit liquide, soit solide, qui suffit pour provoquer la coagulation du lait, explique comment il se fait que, chez les peuples pasteurs, les vases poreux de terre cuite ou même de bois qui ont servi une fois à la coagulation du lait, peuvent servir constamment au même usage, et la déterminent sans qu'on ait besoin de rien ajouter au lait. Pendant les premières coagulations, il se forme des ferments particuliers, qui se logent dans les pores des vases, et que les lavages n'enlèvent pas. Nous avons vu la même chose arriver aux vases préparés pour faire le lait filant.

Il y a une remarque à faire sur le sérum qu'on sépare du précipité des matières caséeuses et grasses, quand la coagulation a été faite par de la présure. Il suffit, d'après M. Schubler, d'ajouter un peu d'acide acétique à ce sérum, et de porter sa température à 75°, pour obtenir un coagulum qui, d'après cet observateur, posséderait des propriétés intermédiaires entre celles de l'albumine et celles de la caséine. Mais, toutes les propriétés de la substance qui se précipite, dans cette circonstance, sont analogues à celles de la caséine précipitée par l'acide acétique. On s'en sert en Suisse pour faire un fromage pauvre auquel on donne le nom de *Zieger*.

Dans quelques départements français, on évapore le sérum, dont on a séparé le premier précipité de caséine, et on le coagule de nouveau. On obtient ainsi des fromages de qualité inférieure, connus le nom de *brouste*, et qui sont consommés sur place.

4554. Nous avons considéré, jusqu'à présent, le lait sur-

Digitized by Google

mal, c'est à dire tel que les animaux le sécrètent quelque temps après le part.

Mais, avant le part et même plusieurs jours après, le lait offre des particularités dignes d'intérêt ; on a désigné ce lait sous le nom de *colostrum*.

Le colostrum diffère du lait, parce qu'il contient une quantité notable d'albumine ; aussi se coagule-t-il par la chaleur. Il renferme très-peu, ou même pas de sucre de lait ; il paraît, en général, être plus riche en sels que le lait ordinaire. D'après la plupart des observateurs, il se putréfie assez rapidement, sans présenter jamais de réaction acide. Comme la propriété du lait de devenir acide, après quelque temps d'exposition à l'air, est due à la présence du sucre de lait, on peut présumer que quand le colostrum devient acide, il contient du sucre de lait.

Quelques observateurs ont trouvé le colostrum plus riche en sucre de lait que le lait lui-même ; ils ont fait la même remarque à l'égard du caséum. Il est difficile d'admettre que leurs observations doivent être généralisées. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que le lait peut être sécrété, indépendamment du part ou même de la grossesse, par une simple irritation des mamelles. Rien n'empêche donc que, chez quelques femelles, la sécrétion du lait normal puisse s'effectuer pendant la gestation ou très-près de l'époque du part.

Le colostrum est souvent souillé par des traînées de sang ; il contient des globules spéciaux, muqueux, muriformes, composés d'une agrégation de granules muqueux et de globules graisseux. Aussi, l'éther et l'acide acétique les désagrègent-ils, l'un en dissolvant les globules gras, l'autre en dissolvant les globules muqueux. M. Donné regarde cependant les globules du colostrum, comme pourvus d'une enveloppe. Traité par l'ammoniaque, le colostrum devient filant ; il peut même, dans quelques circonstances, se prendre en une espèce de gelée, sous l'influence de ce réactif.

Le colostrum paraît agir comme un léger purgatif.

Voici un tableau comparatif qui résume quelques uns des caractères du colostrum et du lait, d'après M. Lassaigne.

Digitized by Google

Tableau synoptique indiquant les propriétés physiques et chimiques du lait de vache à différentes époques avant et après le part. (LASSAIGNE.)

DATES.	COULEUR.	SAVEUR.	DENSITÉ.	EFFET DE LA CHALEUR.	EFFET SUR LE PAPIER TOURNESOL	EAU p. 100.	RAPPORT DU VOLUME DE LA CRÈME AU SÉRUM.	MATIÈRE BUTYREUSE	ALBUMINE.	SOUDE.	CASÉUM.	SUCRE DE LAIT.	ACIDE LACTIQUE LIBRE.
42 jours avant le part	bleu jaunâtre	fade, mucilagineuse, salée	1063 à +50°	se coagule	bleuit	78,4	200 à 800	consistance molle	albumine	soude libre	0	0	0
32 —	id.	id.	1062 à +5	id.	id.	78,2	200 à 800	id.	id.	id.	0	0	0
21 —	id.	id.	1064 à +7	id.	id.	78,1	200 à 800	id.	id.	id.	0	0	0
11 —	blanc	douce, légèrement sucrée	1040 à +8	ne se coagule qu'en partie	rougit un peu	78,8	200 à 800	consistance plus solide	id.	0	caséum	sucre de lait	acide lactique.
— jours après le part	id.	id.	1036 à +3	id.	id.	78,9	200 à 800	id.	id.	0	id.	id.	id.
4 —	id.	douce et sucrée	1035 à +8	ne se coagule pas	rougit	79,6	200 à 800	id.	0	0	id.	id.	id.
6 —	id.	id.	1033 à +7	id.	id.	82,0	188 à 812	consistance plus molle	0	0	id.	id.	id.
20 —	id.	id.	1040 à +7	id.	id.	80,0	78 à 922	id.	0	0	id.	id.	id.
21 —	id.	id.	1037 à +6	id.	id.	83,0	59 à 941	id.	0	0	id.	id.	id.
30 —	id.	id.	1036 à +6	id.	id.	80,0	64 à 936	id.	0	0	id.	id.	id.

Le colostrum a été analysé par divers observateurs ; nous citerons les résultats obtenus par MM. F. Simon (*Lehrbuch*, t. II, p. 281 et 283), Chevallier et Henri, Boussingault et Le Bel.

Voici les analyses de M. F. Simon :

	Colostrum de femme immédiatement après l'accouchement.	Lait normal de la même femme. — Moyenne.
Eau	828,0	887,6
Matières grasses	50,0	25,3
Caséine	40,9	34,4
Sucre de lait	70,0	48,2
Cendres	3,1	2,5

M. Simon ne dit pas si ce colostrum était coagulable par la chaleur.

	Colostrum d'une quinze jours avant le part environ.	Huit jours après la première analyse.
Eau	737,0	814,0
Matières grasses	8,0	8,3
Caséine	28,9	23,0
Albumine	198,3	123,9
Matière extractive, traces de sucre et sels	18,4	28,6

MM. Chevallier et Henri ont analysé les colostrums de vache, d'ânesse et de chèvre, et ont obtenu les résultats suivants :

	Colostrum de vache.	Ânesse.	Chèvre.
Eau	805,3	828,4	641,0
Albumine	150,7	116,0	245,0
Matière muqueuse	20,0	7,0	50,0
Sucre de lait	trace.	43,0	52,0
Matières grasses	26,0	5,6	52,0
	1000,0	1000,0	1000,0

Ce que je nomme albumine dans ces analyses, est la matière coagulable par la chaleur; les auteurs l'ont décrite sous le nom de caséine ; mais la caséine est plutôt la substance qui s'y trouve désignée sous le nom de *matière muqueuse*.

MM. Boussingault et Le Bel ont trouvé dans le lait de vache pris immédiatement après le part :

Digitized by Google

Eau	785,0
Caséum albumineux	150,0
Beurre	26,0
Sucre de lait	36,0
Cendres	3,0
	1000,0

On voit, en résumé, que le colostrum diffère du lait par la présence d'une quantité considérable d'albumine. Ce fait fut d'abord constaté par deux médecins hollandais, Abraham Van Stiptrian et N. Boudt, et confirmé par Parmentier et Deyeux.

4555. Il n'entre pas dans le but de cet ouvrage, d'exposer les détails auxquels pourrait donner lieu l'examen approfondi de la production du lait; nous chercherons donc à ramener aux points de vue les plus simples la question que nous allons aborder.

Le lait élaboré par les animaux provient, sans aucun doute, des aliments qu'ils prennent. Il est donc naturel de supposer que la nature de l'alimentation exerce une certaine influence sur la qualité et la quantité du lait.

On sait, depuis très-longtemps, que diverses matières alimentaires transmettent au lait la saveur et l'odeur qui les caractérisent. Les plantes alliacées, les crucifères, lui communiquent leur odeur propre; la gratiole le rend purgatif; la tithymale, âcre; l'absynthe le rend amer; la semence d'anis lui donne son odeur; la garance lui communique une teinte rougeâtre au bout de quelques jours.

Plusieurs substances minérales, le sel marin, l'iodure de potassium, le bi-carbonate de soude passent dans le lait.

Le lait des nourrices, soumises à un traitement mercuriel, agit comme anti-syphilitique, sans qu'on ait jamais pu y déceler la présence du mercure.

D'anciens observateurs avaient déjà cherché à démontrer que la nature animale ou végétale de la nourriture modifiait ses propriétés. Young dit que le lait d'une chienne, nourrie avec des végétaux ressemble par ses propriétés au lait de chèvre. La même chienne nourrie ensuite avec de la viande crue, a fourni un lait qui ne se coagulait pas par le repos.

Ces effets sont sans doute dus à la présence du sucre de

Digitized by Google

lait dans le premier cas, et à son absence dans le deuxième.

Je viens de faire une série d'expériences dans lesquelles j'ai eu pour but de rechercher l'influence que le mode d'alimentation exerce sur la constitution du lait et notamment sur la production du lactose. Voici les principaux faits que j'ai eu occasion d'observer.

Le lait des animaux soumis à une alimentation végétale ou mixte renferme toujours, mais en proportion variable, les quatre ordres de matières qui font partie des aliments des herbivores, c'est-à-dire les matières albuminoïdes représentées par le caséum, les matières grasses représentées par le beurre, les matières sucrées représentées par le sucre de lait; enfin, les sels de diverse nature qui existent dans tous les tissus et dans tous les liquides des animaux.

Dans le lait des animaux carnivores, autant qu'on peut en juger, l'un de ces produits, le sucre de lait, disparaît, et l'aliment, réduit à ne plus renfermer que des matières albuminoïdes, grasses ou salines, se trouve ramené à la constitution générale de la viande elle-même.

Les expériences sur lesquelles s'appuyent ces propositions ont été faites à la ménagerie du Jardin du Roi et à l'Ecole vétérinaire d'Alfort, sur des chiennes que l'on soumettait alternativement à une alimentation végétale et au régime de la viande. Voici les résultats auxquels je suis arrivé :

Le lait d'une chienne nourrie à Alfort pendant quinze jours à la viande de cheval renfermait :

Eau.....	74,74
Beurre.....	5,15
Matières extractives et sels...	4,13
Caséum et sels.....	15,85

La même chienne nourrie pendant quinze jours au pain arrosé de bouillon gras, a fourni un lait qui a donné à l'analyse :

Eau.....	81,10
Beurre.....	3,09
Matières extractives, sucre de lait et sels.....	4,40
Caséum.....	11,59

Digitized by Google

En effet, la matière extractive de ce lait, abandonnée à elle-même, a fourni quelques cristaux ayant les caractères du lactose.

Au bout de quinze jours du même régime de pain et bouillon gras, le lait de la chienne précédente renfermait :

Eau	78,6
Beurre	6,64
Caséum	12,17
Matières extractives, sucre de lait et sels	3,04
	100,00

Cette fois encore, la matière extractive a fourni des cristaux qui, convenablement purifiés, offraient tous les caractères du sucre de lait; on en a recueilli assez pour en constater la nature par l'analyse.

Le sucre de lait qui n'avait pas pu être mis en évidence lorsque la chienne ne recevait pas de fécule avec ses aliments, apparaît donc au contraire nettement lorsque le principe amylacé prédomine dans l'alimentation.

Ces résultats sont confirmés encore par d'autres expériences qui ont été dirigées de la même manière. Jamais, je n'ai réussi à trouver du lactose dans le lait des chiennes soumises au régime de la viande. Faut-il conclure de ces expériences que le sucre ne se forme jamais lorsque les aliments ingérés ne contiennent pas de fécule? Je ne saurais l'affirmer d'une manière positive, bien que les analyses ne m'aient jamais fait découvrir de sucre dans ces conditions; mais les expériences dirigées dans le but de constater l'absence absolue du sucre sont délicates.

Le lait de chienne jouit de la singulière propriété de se coaguler spontanément, quand on le chauffe; on pourrait donc croire qu'il renferme de l'albumine. Mais, si on l'étend d'eau, il ne se coagule plus. Du reste, malgré cette particularité, le caséum de chienne offre la même composition que le caséum de vache, soit qu'il provienne d'une chienne nourrie au pain, ou d'une chienne nourrie à la viande.

4556. M. Péligot a fait quelques expériences intéressantes au sujet de l'influence de la nourriture sur les qualités du lait.

Digitized by Google

Une ânesse, mangeant 18 kil. de carottes par jour, a fourni, au bout d'un mois, un lait contenant :

Eau.....	91,11	
Beurre.....	1,55	8,89 principes solides.
Sucre de lait.....	6,02	
Caséum.....	1,62	
	100,00	

Lait de la même ânesse, nourrie de betteraves rouges pendant quinze jours :

Eau.....	89,77	
Beurre.....	1,59	10,23 principes solides.
Sucre de lait.....	6,51	
Caséum.....	2,33	
	100,00	

Lait de la même ânesse, nourrie pendant un mois avec 7 kil. d'avoine concassée et 5 kil. de luzerne sèche :

Eau.....	90,63	
Beurre.....	1,40	9,37 principes solides.
Sucre de lait.....	6,42	
Caséum.....	1,55	
	100,00	

Lait de la même ânesse, nourrie pendant quinze jours avec des pommes de terre :

Eau.....	90,71	
Beurre.....	1,39	9,29 principes solides.
Sucre de lait.....	6,70	
Caséum.....	1,20	
	100,00	

M. Péligot est porté à conclure de ces expériences que la betterave convient le mieux pour donner un lait riche en principes solides ; viennent ensuite le mélange de l'avoine et de luzerne, puis les pommes de terre ; enfin, les carottes. Il a trouvé en outre que plus le lait était riche en matières solides, plus aussi la sécrétion en était abondante.

Digitized by Google

Un autre observateur, M. F. Simon, a étudié l'influence de la nourriture sur le lait d'une femme indigente.

DATES.	Eau.	Résidu solide.	Beurre.	Caséine.	Sucre, matières extractives, sels.	
11 novembre...	914,0	86,0	8,0	35,5	39,5	La femme est triste, la sécrétion abondante.
18 novembre...	880,6	119,4	34,0	37,5	45,4	Après une nourriture animale très abondante.
1er décembre...	920,0	80,0	8,0	30,0	40,0	Après des privations pénibles.
4 janvier.....	873,6	126,4	37,0	40,0	46,0	Après deux jours d'une nourriture animale abondante.

4557. MM. Boussingault et Le Bel ont fait, dans le temps, des expériences sur le lait de vache ; elles ont permis d'établir que la nature des aliments consommés n'exerce pas une influence bien marquée sur la quantité et la constitution chimique du lait, quand on a soin de donner aux vaches des quantités nutritives équivalentes de différents aliments. Le tableau suivant présente le résultat de leurs expériences :

Digitized by Google

Jours écoulés depuis le part.	Lait rendu en 24 heures.	Matière solide dans 100 de lait.	ALIMENTS REÇUS équivalant à 15 kilogr. de foin.	Caséum.	Beurre.	Sucre de lait.	Sels terreux.	Eau.	COMPOSITION DU LAIT.
1	5,0	21,6	Pommes de terre, foin	15,1	2,6	3,6	0,3	78,4	Lait pris après le part.
13	7,5	»	id.	»	»	»	»	»	
24	10,6	11,2	Foin, trèfle vert	3,0	3,5	4,5	0,2	88,8	
35	12,0	13,1	Trèfle vert	3,1	5,6	4,2	0,3	86,9	
200	5,6	12,3	Foin	3,0	4,5	4,7	0,1	87,7	
207	6,0	12,4	Navets	3,0	4,2	5,0	0,2	87,6	
215	5,6	12,9	Betteraves	3,4	4,0	5,3	0,2	87,1	
228	5,0	13,5	Pommes de terre	2,4	4,0	5,9	0,2	86,5	
240	3,6	»	Foin	»	»	»	»	»	
270	3,4	»	Pommes de terre	»	»	»	»	»	
280	3,5	12,5	Topinambours	3,3	3,5	5,5	0,2	87,5	
308	2,8	13,2	Foin et tourteaux	3,4	3,6	6,0	0,2	86,9	Ration, 1½ équivalent.
			Influence d'une nourriture verte.						
176	9,3	13,5	Pommes de terre, foin	3,3	4,8	5,1	0,3	86,3	
188	8,9	12,9	Foin, trèfle vert	4,0	4,5	4,0	0,3	87,2	
193	9,8	11,3	Trèfle vert	4,0	2,2	4,7	0,3	88,8	
204	7,8	12,6	Trèfle en fleur	3,7	3,5	5,3	0,2	87,4	

Les rations que l'on donne aux vaches laitières renferment-elles les principes que nous trouvons dans le lait?

Nul doute que les matières salines que ce liquide contient ne soient apportées directement par les boissons et les aliments.

Quant au sucre de lait, il peut provenir des matières sucrées, amylacées ou gommeuses qui entrent en si forte proportion dans la nourriture des herbivores. Nous avons vu que sous l'influence d'un régime purement animal le lactose

Digitized by Google

disparaît, ou du moins ne se produit qu'en quantité inappréciable.

L'origine de la caséine n'est pas moins évidente. Ce principe résulte de la transformation des matières albumineuses que les aliments renferment, et qui se modifient isométriquement avec tant de facilité.

Il n'est pas aussi aisé de dire d'où provient le beurre contenu dans le lait; car s'il est évident que les matières grasses, de nature diverse, que les aliments renferment toujours concourent directement à la formation du beurre, il est certain, d'après les expériences récentes de M. Boussingault, que l'influence des aliments ne s'arrête pas au rôle direct que nous venons d'énoncer; mais que, par une action analogue peut-être à celle qu'on observe dans les fermentations, ils déterminent une formation plus abondante de graisse aux dépens de quelques-uns des corps qu'ils contiennent. M. Boussingault pense que les matières grasses naturellement contenues dans les aliments exercent sur la production du beurre une double influence, non-seulement en concourant par elles-mêmes à sa formation, mais encore en favorisant les métamorphoses à la suite desquelles les matières sucrées, gommeuses ou amylacées peuvent se transformer partiellement en matières grasses.

Le régime alimentaire n'est pas la seule condition qui influe sur la production du lait. Les soins hygiéniques, l'âge, la race peuvent exercer, pour une même espèce d'animal, une influence très-marquée sur l'abondance et la qualité de cette sécrétion. Pour les exploitations agricoles, les animaux sains et de bonne race sont toujours préférables, quoique dans certains cas il soit difficile de prévoir quels sont les individus qui fournissent le meilleur lait, la nourriture étant la même.

L'état moral exerce une influence très-marquée sur la sécrétion du lait : les frayeurs, les excès de joie, la colère, peuvent intervenir d'une manière fâcheuse, et dans certains cas tarir la sécrétion. C'est surtout chez les femmes que cette cause influe le plus, et que le lait peut acquérir des qualités fâcheuses pour le nourrisson. On en cite des exemples chez les animaux, mais ils sont beaucoup plus rares.

4556. La quantité de lait de vache, secrétée à partir de

Digitized by Google

l'époque du part, commence par augmenter pendant environ un mois ou six semaines, puis elle diminue graduellement. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la table des expériences de M. Boussingault (page 646) pour s'en convaincre.

La saison du vêlage, la qualité de la nourriture, pourvu qu'elle représente constamment l'équivalent de 15 kilogrammes de foin, ne modifient nullement l'abondance de la sécrétion.

La constitution chimique du lait ne varie elle-même que dans des limites très peu étendues; en effet, dans le tableau cité, on voit que le lait renferme toujours à peu près 12 à 13 p. 100 de matières solides.

Le caséum y varie peu, quoiqu'on puisse s'apercevoir, qu'après la sécrétion du colostrum, dont il faut faire abstraction, il présente une légère augmentation. Le beurre offre des variations brusques; quant au sucre, il paraît augmenter assez régulièrement, au fur et à mesure, qu'on s'éloigne du part.

M. F. Simon est arrivé à des résultats analogues en analysant du lait de femme; seulement, dans ce lait, le sucre diminue, quand on s'éloigne de l'accouchement.

Voici le tableau de ses analyses :

DATES.	Densité.	Eau.	Résidu solide.	Caséum.	Sucre.	Beurre.	Sels.
31 août.	1,0316	873,2	126,8	24,2	62,4	34,6	1,92
7 septembre.	1,0300	883,8	116,2	19,6	57,6	31,4	1,66
8 septembre.	1,0300	899,0	101,0	25,7	52,3	18,0	2,00
14 septembre.	1,0300	883,6	116,4	22,0	52,0	26,4	1,78
27 octobre.	1,0340	898,2	101,8	43,0	45,0	14,0	2,74
3 novembre.	1,0330	886,0	114,0	45,2	39,2	27,4	2,87
11 novembre.	1,0345	914,0	86,0	35,3	39,5	8,0	2,40
18 novembre.	1,0330	880,6	119,4	37,0	45,4	34,0	2,50
25 novembre.	1,0334	890,4	109,6	38,5	47,5	19,0	2,70
1er décembre.	1,0320	902,0	98,0	30,0	49,0	8,0	2,08
8 décembre.	1,0330	890,0	110,0	41,0	43,0	22,0	2,76
16 décembre.	1,0344	891,0	109,0	42,0	44,0	20,0	2,68
31 décembre.	1,0340	891,4	108,6	31,0	52,0	54,0	2,35
4 janvier.	1,0320	873,6	126,4	40,0	46,0	37,0	2,70

M. Péligot fait remarquer l'influence qu'exerce le sevrage

Digitized by Google

sur les qualités du lait : il conclut, de ses expériences, que le lait devient d'autant moins riche, qu'il s'est écoulé plus de temps depuis la dernière traite.

Voici des analyses qu'il a faites, à ce sujet, sur du lait d'ânesse :

	Après 1 heure 1/2 de sevrage.	Après 6 h.	Après 24 h.
Beurre.....	1,55	1,42	1,23
Sucre de lait.....	6,65	6,40	6,33
Caséum.....	3,46	1,53	1,01
Matières solides.....	11,66	9,37	8,57
Eau.....	88,34	90,63	91,43
	100,00	100,00	100,00

	Après 6 heures.	Après 12 h. sevrage.
Beurre.....	1,73	1,51
Sucre de lait.....	7,00	6,70
Caséum.....	1,25	1,10
Matières solides...	9,98	9,31
Eau.....	90,02	90,69
	100,00	100,00

Non seulement, le lait peut varier dans sa composition, selon le temps plus ou moins prolongé du sevrage, mais il présente encore des différences sensibles à l'analyse, selon qu'il est pris au commencement ou vers la fin de la traite.

Ainsi, après un sevrage de neuf heures, le lait d'ânesse a donné à l'analyse les résultats suivants, en fractionnant la traite en trois portions :

	1re	2e	3e
Beurre.....	0,96	1,02	1,52
Sucre de lait.....	6,50	6,48	6,45
Caséum.....	1,76	1,95	2,95
Matières solides..	9,22	10,45	10,94
Eau.....	90,78	89,55	89,66
	100,00	100,00	100,00

Parmentier et Deyeux étaient déjà parvenus à des ré-

Digitized by Google

sultats semblables, en mesurant la crême des traites fractionnées; on voit, en effet, que c'est surtout sur le beurre et le caséum que portent les différences que l'on a observées.

M. Quévenne a confirmé ce résultat, en déterminant le volume de la crême, la densité du lait, et celle du lait écrémé. Voici les résultats de ses expériences :

Lait acide pris 11 mois après le part.

	Densité du lait.	Dté. du lait écremé.	Cr. obt. en 4 h.
Commencement de la traite.	1,0326	1,0352	5
Milieu.....	1,0316	1,0362	6
Fin.....	1,0296	1,0342	12

Lait alcalin pris 10 mois après le part.

Commencement de la traite.	1,0299	1,0322	5
Milieu.....	1,0297	1,0347	15
Fin.....	1,0274	1,0337	21

Nous verrons plus loin que la composition du lait peut changer suivant qu'il est pris à un trayon sain ou malade.

4559. Beaucoup de chimistes se sont occupés de l'analyse du lait, en employant des méthodes différentes. M. Berzélius a analysé séparément la crême et le lait écrémé; cette méthode a été abandonnée.

M. Péligot a employé un procédé très-simple et qui donne des résultats assez rapprochés de la vérité; il consiste à évaporer au bain-marie une certaine quantité de lait dont on a préalablement déterminé la densité et le volume. Lorsque le résidu cesse de perdre de son poids, on le pèse; puis, on le traite par un mélange d'alcool et d'éther, et l'on enlève, par ce moyen, toute la matière grasse; après avoir desséché le résidu, on le pèse, et la différence des deux pesées donne le poids du beurre. Des lavages à l'eau froide laissent le caséum et emportent le sucre de lait et les sels solubles que l'on peut séparer ensuite à l'aide de l'alcool, qui ne dissout pas le sucre de lait.

Ce procédé présente un inconvénient; il se dissout toujours un peu de caséum dans l'eau froide. Cette erreur paraît être plus grande sur le lait de femme que sur le lait de vache. Dans l'état actuel de la science, on ne peut donc pas dire que ce procédé donne des résultats rigoureux; néan-

Digitized by Google

moins, il a rendu des services; et si on l'a abandonné, c'est surtout à cause de la lenteur et de la difficulté qu'on éprouve dans l'évaporation du lait à sec, et aussi parce que le caséum s'altère et devient en partie soluble

M. Simon dessèche le lait, pèse le résidu, le pulvérise, et en traite une quantité déterminée, à trois reprises différentes, avec cinq ou six fois son volume d'éther sulfurique : ce qui donne la quantité de matière grasse. Il fait digérer, pendant quelque temps, le résidu débarrassé de graisse, dans un peu d'eau chaude. La bouillie qu'il obtient ainsi est jetée ensuite dans une quantité plus considérable d'eau. Elle s'y dissout en grande partie, si on opère sur du lait de vache, ou bien laisse un résidu assez considérable de caséine insoluble, si on opère sur du lait de femme. On évapore la dissolution à consistance sirupeuse, en ayant soin de ménager la température, puis on traite le tout par dix ou douze fois son volume d'alcool à 0,85. La caséine se précipite; mais, comme elle renferme encore du sucre, il est bon de la laver à l'eau et à l'alcool. On la dessèche ensuite fortement et on la pèse.

Les dissolutions alcooliques retiennent le sucre, et la majeure partie des matières extractives, qu'il est très difficile de séparer. On y parvient, cependant, en dissolvant le sucre impur dans une petite quantité d'eau, pour le précipiter par de l'alcool concentré. L'alcool retient les matières extractives et un peu de sucre. On peut répéter ce traitement pour arriver à une séparation plus complète.

Les sels se dosent en incinérant une portion de lait desséché.

Quand le lait contient de l'albumine, on la détermine par un dosage à part, en la coagulant par la chaleur et lavant le précipité avec de l'alcool aqueux, et ensuite avec de l'éther.

M. Quévenne fait l'analyse du lait, en précipitant le caséum par l'acide acétique, et lavant le précipité à l'eau pure; il le traite, après l'avoir desséché, par un mélange d'alcool et d'éther. Le sérum est évaporé à siccité. Ce procédé peut être rapide, mais il n'est pas très rigoureux; aussi, dans le tableau des compositions de divers laits, voyons-nous les analyses de M. Quevenne donner la plus forte proportion de sucre de lait.

M. Lecanu préfère la coagulation du lait par l'alcool

Digitized by Google

faible. Il en sépare ainsi le caséum, qu'il débarrasse de toute matière grasse au moyen de l'éther. La liqueur évaporée fournit le sucre de lait et les sels, qu'on sépare à l'aide de l'eau froide et de l'alcool pur.

Plus récemment, M. Haidlen a fait l'analyse du lait en le coagulant au moyen du sulfate de chaux. Pour cela, on verse le lait dans une capsule tarée renfermant 1/5 de sulfate de chaux hydraté et préalablement séché à 100°; à l'aide d'une douce chaleur, le lait se coagule. En évaporant à siccité au bain-marie, on obtient une masse facile à réduire en poudre fine, que l'on épuise successivement par l'éther et par l'alcool; l'éther s'empare du beurre, et l'alcool dissout le sucre et les sels solubles, sans toucher à la caséine qui est complétement coagulée. Le résidu renferme le caséate de chaux et l'excès de gypse. En défalquant du poids de ce résidu celui du sulfate de chaux employé, on obtient la proportion de caséine.

4360. On ne peut faire une analyse exacte du lait par aucun de ces procédés. Toutes les fois qu'on évapore le lait en en masse ou le sérum à l'air et à chaud, la matière extractive s'altère profondément. Il faut faire ces évaporations dans le vide sec.

D'ailleurs, pour déterminer le beurre, il vaut mieux faire bouillir le lait, fortement acidulé par l'acide acétique, le laisser refroidir et l'agiter deux ou trois fois avec son volume d'éther, qui lui enlève le beurre.

S'agit-il de doser le caséum soluble, il faut saturer le lait de sel marin et le filtrer. La liqueur limpide, coagulée par l'acide acétique ou par l'alcool, fournira le caséum.

Pour les sels et le sucre de lait, on les retrouvera dans le sérum, débarrassé de beurre et de caséum par les procédés ordinaires, mais évaporé à sec dans le vide; ce qui fournit un résidu tout à fait incolore.

4361. Maintenant que nous connaissons la nature chimique du lait, et les circonstances variées qui influent sur sa production, nous allons le considérer sous le point de vue économique, en indiquant d'abord quelles sont les quantités de lait que fournit une vache à l'état normal.

Le tableau suivant renferme, à cet égard, un grand nombre d'observations faites dans différents pays.

Digitized by Google

Tableau de la quantité de lait qu'une vache peut produire.

LOCALITÉS.	AUTORITÉS.	POIDS des vaches.	FOIN consommé par jour.	LAIT produit par an.	LAIT par jour.	OBSERVATIONS.
France: La Feuillasse (Ain)	Perrault de Jotemps	400	12,5	1700	4,7	Vache à l'étable.
Lompries (Ain)	D'Angeville	275	6,3	915	2,5	Idem.
Roville (Meurthe)	De Dombasle	»	10,0	1416	3,4	Idem.
Lyonnais (Montagnes) . .	Grognier	»	»	730	2,0	Vaches mal nourries en hiver.
Bechelbronn (Bas-Rhin) . .	Le Bel et Boussingault . . .	»	15,0	»	»	
Angleterre:	Low	»	»	3406	9,3	Idem.
Idem	Curwen	»	»	3739	10,2	Idem.
Belgique: Anvers	Schwertz	»	13,0	2558	7,0	Idem.
Idem	Schwertz	»	12,4	2254	6,2	Pâturage et étable.
Hollande: Pays-Bas	Schwertz	»	12,4	1932	5,3	Étable d'hiver. — Pâturage.
Idem	Aitom	312	»	4015	11,0	
Campine	Schwertz	»	»	5292	14,5	
Saxe: Moosen	Schweitzer	258	9,4	1527	4,2	Nourries à l'étable.
Altenbourg	Schmalz	»	14,0	1950	5,3	
Autriche: Carinthie	Burger	375	»	1564	4,3	Bien nourries.
Prusse: Mæglin	Thaër	»	10,0	1505	4,1	Nourries à l'étable
Environs de Berlin	Thaër	»	»	1707	4,7	
Suisse:	D'Angeville	475	12,5	1700	4,7	Idem.
Hofwyl	D'Angeville	609	17,5	2662	7,3	Nourries à discrétion.
Paris et ses environs:	Quévenne, *Mem. sur le lait*	»	»	»	11,0	

Digitized by Google

A Bechelbronn, on mesure, soir et matin, le lait donné par chacune des vaches. Sept vaches, consommant par jour 15 kilog. de foin ou l'équivalent de ce fourrage en tubercules et racines, ont fourni dans le courant d'une année 17,576,5 litres de lait, qui se répartissent comme il suit :

MOIS.	LAIT rendu par mois.	JOURS de rendement des vaches.	PRODUIT par jour et par tête.
Janvier	1063,0	186	5,7
Février	759,0	158	4,8
Mars	759,0	155	4,9
Avril	942,5	138	6,7
Mai	1436,0	155	9,3
Juin	2117,5	190	11,1
Juillet	2375,0	195	12,2
Août	2080,5	186	12,8
Septembre	1769,0	180	9,8
Octobre	1490,5	184	8,1
Novembre	1443,5	200	7,2
Décembre	1341,0	191	7,0
SOMME	17576,5	2118	

En moyenne, chacune des vaches a produit, en 1841, 2511 litres de lait; le nombre de jours de rendement, pour une vache, a été de 302 1/2.

Pour chaque jour de rendement, le lait d'une vache s'est élevé à 8 lit. 3. Cette quantité se réduit à 6 lit. 8, si on n'élimine pas les jours de chômage, et que l'on prenne la moyenne de l'année entière.

Toutes les observations constatent que la quantité de lait sécrété diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du part.

En mesurant la quantité de lait produit par une vache, depuis l'instant où elle a vélé, jusqu'au moment où on cesse de traire, on a trouvé qu'elle avait produit, entre les deux parts, 16,049 litres de lait en 2167 jours de traite ; ce qui remet la moyenne à 7 lit. 4 par jour. On est arrivé à

Digitized by Google

un résultat tout semblable pour une autre vache qui a donné 2293 litres pendant 310 jours de traite; le produit moyen de chaque jour a été, par conséquent, de 7 lit. 4.

4502. Il est souvent d'une grande importance de déterminer la quantité de beurre que renferme le lait.

Les renseignements qu'on possède sur le rendement du lait en beurre et en fromage, sont assez vagues: M. Bousingault cite la donnée suivante, obtenue sous ses yeux.

100 kil. de lait ont fourni :

Crême.....	15k60
Fromage blanc pressé.	8,93
Petit lait.....	75,47
	100,00

Les 15 kil. de crême ont donné par la baratte :

Beurre.....	3,33; pour cent 21,2
Lait de beurre.	12,27

D'où l'on a pour 100 kil. de lait :

Fromage blanc pressé.	8k93
Beurre.....	3,33
Lait de beurre.....	12,27
Petit lait.....	75,47
	100,00

En prenant le lait recueilli et traité à différentes époques de l'année, le même observateur trouve que 16,391 kil. de lait ont produit 491 kil. de beurre frais, ou trois pour cent.

M. Quevenne obtient des nombres un peu différents : 54k,633 de crême ont été agités dans une baratte à ailes, la température étant de 20°; ils ont donné 15k,100 de beurre de belle qualité, et 39k de lait de beurre d'une densité de 1,031.

Le beurre obtenu de la sorte, soumis à l'analyse, fournit :

Beurre pur...	77,50	pour cent.
Caséum.....	1,60	—
Eau.....	20,90	—
	100,00	

Digitized by Google

Le lait de beurre contenait :

	Pour un décilitre.	Pour un litre.
Beurre	0ᵍ25	2ᵍ50
Caséum	3,92	39,20
Sucre de lait, matières extractives en quantité assez abondante, et sels	5,30	53,00
	11,07	110ᵍ70
Eau	91,95	
	103ᵍ00	

On voit donc que sur 15ᵏ,100 de beurre brut obtenus, correspondant à 11ᵏ,713 de beurre pur, on perd 39 fois 21ᵏ,5, c'est-à-dire 838ᵏ,5 de beurre pur.

Outre la perte que nous venons de constater, M. Quevenne en signale une autre; c'est le beurre qui reste dans le lait parfaitement écrémé; il l'évalue à 2ᵍ,50 par litre de lait.

Ajoutons à ces renseignements l'analyse du lait écrémé faite par M. Berzélius :

Eau	928,75
Caséum et beurre	26,00
Sucre de lait	35,00
Extrait alcoolique et lactates	6,00
Chlorure de potassium	1,70
Phosphate alcalin	0,25
Phosphate de chaux, chaux combinée au caséum, magnésie et traces de fer	2,30
	1000,00

La crème analysée par le même chimiste lui a fourni :

Beurre obtenu par le battage	4,5
Caséine obtenue par la coagulation du lait de beurre	3,5
Sérum	92,0
	100,0

4563. L'analyse du lait de vache n'a donné, comme on

Digitized by Google

voit, à M. Berzelius, que des sels à base de potasse. Mais nous avons déjà dit comment les sels peuvent varier dans le lait, suivant la nature des aliments. Voici une analyse donnée par M. Haidlen pour les sels du lait normal :

Phosphate de chaux....	0,231	0,344
— de magnésie..	0,042	0,064
— de fer.....	0,007	0,007
Chlorure de potassium..	0,144	0,183
— de sodium	0,024	0,034
Soude.....	0,042	0,045
	0,490	0,677

MM. Pfaff et Schwartz ont trouvé que 1000 parties de lait fournissaient 3,742 de cendres composées de :

Phosphate de chaux.....	1,805
— de magnésie.....	0,170
— de fer.....	0,032
— de soude.....	0,225
Chlorure de calcium.....	1,350
Soude.....	0,115
	3,697

Les phosphates terreux sont entraînés par le caséum dans sa coagulation. Les acides concentrés les lui enlèvent. Le caséum peut en contenir de 6 à 7 pour 100.

4564. Le lait entrant pour une large part dans l'alimentation des habitants des villes, et passant par plusieurs mains avant d'arriver au consommateur, est souvent l'objet de fraudes, dont la plus commune consiste à enlever une certaine proportion de crème et à ajouter de l'eau au lait, ainsi écrémé.

Les substances albumineuses, comme le sérum de sang ou les œufs, qu'on ajouterait au lait dans le but d'en augmenter la densité, se reconnaîtraient de suite en le faisant chauffer, car il y aurait coagulation de la matière albumineuse. Nous avons vu cependant que, quelquefois, le lait lui-même est albumineux.

Les matières gommeuses donneraient de la viscosité au lait ; pour les découvrir, il faudrait avoir recours à une analyse assez exacte.

Digitized by Google

Mais, d'après M. Quevenne, il ne faudrait pas moins de 90 grammes de gomme arabique sur un litre d'eau, pour lui donner un poids spécifique de 1,030, densité ordinaire du lait de Paris; la fraude n'offrirait pas d'avantage réel à celui qui la pratiquerait.

Quand le lait pur a été coagulé par l'acide acétique, et qu'on verse de l'alcool dans le sérum filtré, il se forme des flocons abondants, légers, d'un blanc bleuâtre et diaphane. Si on fait la même expérience avec un lait qui renferme de la gomme arabique, le précipité est plus abondant, d'un blanc mat et opaque.

On a quelquefois sophistiqué le lait avec de la gomme adragante, qui n'en change pas la densité à la dose à laquelle on peut l'employer. Un lait auquel on a ajouté de la gomme adragante, et qu'on traite comme précédemment, fournit, par l'alcool, un précipité floconneux, léger et qui se réunit en longues traînées filandreuses.

Pour reconnaître la dextrine dans le lait, on pourrait précipiter le caséum par l'acide acétique, précipiter le sérum filtré par l'alcool, et traiter le précipité par un peu d'eau, qui dissoudrait la dextrine. Le polariscope pourrait également servir à reconnaître cette fraude.

Le sucre, ajouté au lait dans la proportion de 1 centième lui donne déjà un goût sucré anormal; à la dose de 2 centièmes, la fraude se reconnaît parfaitement au goût. Le glucose, moins sucré, serait plus difficile à reconnaître. Mais, dans les deux cas, la levure de bière ajoutée au lait, provoquerait la fermentation alcoolique en très-peu de temps; on sait que le sucre de lait ne fermente que difficilement.

On reconnaîtrait aisément la fécule et les infusions de matières amylacées, comme l'eau de riz ou de gruau, en rendant le lait légèrement acide, et en y versant de la teinture d'iode.

Les émulsions de graines oléagineuses se trahiraient de suite par la saveur ou l'odeur qu'elles communiquent au lait, et par les débris du tissu cellulaire des graines elles-mêmes.

On croit généralement que, dans les grandes villes comme Paris, on falsifie le lait au moyen d'émulsions faites avec la substance cérébrale de divers animaux; une

Digitized by Google

fraude pareille serait immédiatement décelée par le lactoscope.

Sans contredit, la fraude la plus commune consiste à enlever de la crème au lait, et à y ajouter une certaine quantité d'eau. Le lait coupé avec de l'eau, outre qu'il est moins nutritif que le lait pur, devient facilement aigre, en se coagulant, et se conserve moins longtemps.

4365. Comme la crème se sépare ordinairement en entier au bout de vingt-quatre heures, on peut juger, jusqu'à un certain point, de la qualité du lait en mesurant la crème. Ce moyen, employé depuis très longtemps en Angleterre, a été introduit récemment en France. On prend une éprouvette graduée, on y verse le lait, et on le laisse en repos: s'il est de bonne qualité, on obtient ordinairement en crème 8 à 8 1/2 p. 100 du volume du lait employé. Il faut dire cependant que ce procédé ne fournit que des données incertaines; car même, pour des laits purs, le volume de la crème séparée varie suivant la température à laquelle on expose le lait. Il est le plus considérable à une température qui ne dépasse pas 8 degrés centig. De 12° à 20°, le volume de la crème paraît rester le même pour le même lait, d'après M. Quevenne.

4366. Le tableau suivant résume toutes les analyses que l'on a faites sur les différentes espèces de lait :

Digitized by Google

LAIT.	COMPOSITION DU LAIT.					REMARQUES.	AUTEURS.
	CASÉUM, ALBUMINE ET SELS INSOLUBLES.	MATIÈRES GRASSES.	SUCRE DE LAIT ET SELS SOLUBLES.	EAU.	MATIÈRES SÈCHES DANS 100 DE LAIT.		
Vache. . .	3,6	4,0	5,0	87,4	12,6	Moyenne de 12 analyses. Boebelbroun.	Lebel et Boussingault.
Idem . . .	3,8	3,5	6,1	86,6	13,4	Moyenne de 6 analyses, des environs de Paris.	Quevenne.
Idem . . .	4,5	3,1	5,4	87,0	13,0	Idem.	Henri et Chevallier.
Idem . . .	5,6	3,6	4,0	86,8	13,2	Idem.	Leconu.
Idem . . .	5,1	3,0	4,6	87,3	12,7	Lait des environs de Giessen.	Haidlen.
Anesse. . .	1,7	1,4	6,4	90,5	9,5	Moyenne de 5 analyses.	Péligot.
Femme . .	3,1	3,4	4,3	89,2	10,8	De bonne qualité.	Haidlen.
Idem . .	2,7	1,3	3,2	92,8	7,2	De qualité médiocre.	Haidlen.
Idem . .	3,2	5,1	7,8	85,8	14,1	Moyenne de 3 analyses.	Payen.
Idem . .	3,8	2,5	4,8	88,4	11,6	Moyenne de 14 analyses.	F. Simon.
Chèvre . .	6,0	4,5	4,5	83,0	16,0		
Chienne . .	12,0	14,75	MATIÈRES EXTRACTIVES ET SELS. 2,25	66,3	33,7	Moyenne de 2 analyses : traces de sucre de lait.	F. Simon.
Cavale. . .	1,6	peu.	SUCRE DE LAIT ET SELS SOLUBLES. 8,75	89,63	10,37	Le poids de la crème dans ce lait s'élevait à 0,30 p. %.	Stipriann, Luiscius et Rondi.
Vache . . .	7,0	3,9	MATIÈRES EXTRACTIVES ET SELS. 3,5	85,9	14,1	Moyenne de 2 analyses.	F. Simon.
Idem . . .	6,8	3,8	3,6	85,7	13,2	Idem.	Henbegen.
Chèvre . .	3,5	4,1	5,6	82,6	14,4	Une analyse.	Payen.

Dans notre Mémoire sur l'engraissement des bestiaux et la formation du lait, nous avons fait voir, MM. Boussingault, Payen et moi, qu'une vache laitière retire au profit de l'homme, d'un même pâturage, une quantité de matière

Digitized by Google

donné le nom de *vibrio cyanogenus*. Il paraît être incolore ; mais on peut faire bleuir toute espèce de lait, quand on le met en contact avec lui. Ces animalcules peuvent se multiplier dans une infusion de guimauve, et la colorent en bleu pâle. On peut les conserver, pendant longtemps, dans cette liqueur. . . . . .

Le lait jaune renfermerait le *vibrio xanthogenus*, qui se comporte absolument comme le précédent. On le trouve même quelquefois dans le lait bleu.

Dans une même étable et avec le même régime, le lait de certaines vaches présente seul ces phénomènes de coloration. L'emploi du sel marin paraît obvier à l'état particulier qui les produit.

Lait de divers mammifères.

4569. *Lait de femme.* Le lait de femme, dont nous avons déjà donné la composition, ressemble au lait de vache par ses propriétés physiques : sa densité est à peu près la même ; elle varie de 1,030 à 1,034, suivant F. Simon, auquel on doit les recherches les plus étendues sur ce sujet. Il est toujours alcalin, et conserve cette propriété pendant plusieurs jours. Il diffère surtout du lait de vache, par la difficulté qu'on éprouve à en précipiter le caséum par les acides. La présure le coagule, non pas en grumeaux consistants comme le lait de vache, mais plutôt en flocons isolés.

Voici quelques analyses de lait que l'on doit à M. Simon. La première exprime la moyenne de quatorze analyses faites successivement sur le lait d'une même femme ; la seconde se rapporte à une femme de 36 ans ; la troisième à une nourrice âgée de 20 ans :

	I.	II.	III.
Eau	885,6	894,0	888,0
Beurre	25,5	28,0	29,6
Caséine	34,3	34,0	32,0
Sucre de lait et matières extractives	48,2	40,5	50,
Sels fixes	2,3	1,8	0,

Les analyses de MM. Pfaff et Schwarts indiquent dans le lait de femme 0,4407 p. 100 de sels, composés comme il suit :

Digitized by Google

Phosphate de chaux	0,25
— magnésie	0,05
— fer	0,0007
— soude	0,040
Chlorure de potassium	0,03
Soude provenant de la destruction du lactate	0,03
	0,4007

Lait d'ânesse. Ce lait est souvent acide; cependant, il se rapproche du lait de femme par sa composition. Sa densité varie de 1,023 à 1,035; d'après M. Péligot, elle est comprise entre 1,030 et 1,035. Il fermente facilement.

Lait de cavale. Il se distingue surtout des autres espèces de lait, par sa richesse en lactose; il est, du reste, pauvre en matière grasse; car il n'en contient que 1/5 pour 100, d'après Van Stiptrian, Luiscius et Bondt. C'est avec ce lait que les Tartares fabriquent une liqueur alcoolique; en effet, d'après sa composition, il doit y être très-propre.

Lait de chèvre. La densité du lait de chèvre est de 1,036. Il possède une odeur particulière de bouc; celui des chèvres à pelage foncé, la possède à un degré plus marqué que celui des chèvres qui ont le pelage clair. Cette odeur se communique au beurre. Le caséum coagulé est dur et consistant.

Lait de brebis. Il est très-riche en matières solides. Sa densité varie entre 1,035 et 1,041; il est moins fluide que le lait de vache; il a une odeur et une saveur agréables. Il renferme, d'après Stiptrian, Luiscius et Bondt.

Eau	63,2
Beurre	5,8
Caséum	15,5
Sucre de lait	4,2
Crême	11,5
	100,0

Lait de chienne. Il est très-épais, possède une odeur animale désagréable, et une saveur un peu saline, fade et non sucrée. Ce lait renferme une quantité extraordinaire de matériaux solides, dont la proportion peut dépasser 30 centièmes. Il se prend en bouillie épaisse par la chaleur.

Son sérum, évaporé dans le vide, abandonne à l'alcool

Digitized by Google

bouillant une matière qui se concrète comme l'urée sous l'influence de l'acide nitrique.

Son beurre semble dépourvu d'acides gras volatils. Il cristallise ordinairement en mamelons.

Conservation du lait.

4570. Le lait en nature se consomme ordinairement sur place; mais quand la consommation d'une localité est de beaucoup inférieure à la production, il faut avoir recours à certains procédés de conservation.

Ces procédés se résument à trois.

1° Conservation du lait en nature ;

2° Conservation des principes immédiats du lait, permettant de préparer de nouveau l'émulsion qui le constitue ;

3° Fabrication des fromages.

Nous avons vu comment, par l'ébullition, M. Gay-Lussac est parvenu à conserver du lait pendant très longtemps, même pendant les chaleurs de l'été. Ce mode de conservation n'est pas applicable en grand.

On a proposé d'évaporer le lait à siccité. Mais ce procédé est difficile à appliquer en grand; en outre, la poudre de lait qu'on obtient rancit promptement, et ne fait plus émulsion quand on la remet en contact avec l'eau.

M. Appert conserve le lait en nature dans des bouteilles pleines, bien bouchées et soumises à une température de 100°; mais l'agitation causée par le transport sépare toujours une portion du beurre qui vient nager à la surface du liquide.

MM. Grimaud et Calais réduisent le lait en pâte sèche, en le faisant traverser par un courant d'air froid, qui lui enlève toute son eau. La pâte sèche, mélangée d'une certaine quantité d'eau, reproduit le lait primitif.

M. Braconnot a imaginé deux autres procédés qui diffèrent de ceux-ci.

On épuise du fromage frais par l'eau bouillante, on ajoute au fromage 12 parties de bi-carbonate de potasse pour 300 de fromage, et on dissout le tout dans une quantité suffisante d'eau bouillante. On concentre cette dissolution au bain-marie, en ayant soin de la remuer constamment. Quand elle est arrivée au point de présenter l'aspect gélatineux, on la dessèche. Le produit ainsi obtenu, se conserve indéfiniment, et peut être employé dans la marine.

Digitized by Google

Le second procédé, imaginé par le même chimiste, consiste à coaguler 3 kilogrammes de lait par l'acide chlorhydrique à une température de 45° environ. On exprime et on ajoute au coagulum obtenu 10 grammes de carbonate de soude cristallisé, dissous dans une petite quantité d'eau, de façon à obtenir environ un demi-kilogramme d'une bouillie épaisse. On ajoute à cette espèce de crème le tiers de son poids de sucre pulvérisé; la crème artificielle ainsi obtenue sert parfaitement aux usages culinaires, dans les cas où il est impossible de se procurer du lait frais.

FROMAGES.

Dans les localités où la production du lait s'élève au delà des besoins d'une population insuffisante pour le consommer en nature, une grande partie de ce liquide est employée à la fabrication des fromages. Sous cette forme, il devient éminemment propre à l'exportation; car non-seulement la caséine, cet élément nutritif si important du lait, se trouve concentrée dans le fromage, mais elle y existe dans un état très favorable à la conservation. Aussi, la fabrication des fromages constitue-t-elle, dans quelques contrées, une industrie très-importante, dont nous allons essayer de donner une idée.

Les opérations successives dans lesquelles peut se résumer la fabrication des fromages en général, consistent à coaguler ou *cailler* le lait, à diviser ou rompre le *caillé* pour faciliter sa séparation du petit-lait, et à l'exprimer fortement par des presses; il ne reste plus, pour achever la fabrication du fromage, qu'à le saler et à le conserver pendant quelque temps dans des caves, où il subit comme une espèce de fermentation.

On emploie ordinairement le lait de vache, pour la préparation des fromages; cependant, celui de Roquefort est fabriqué ordinairement avec un mélange de lait de chèvre et de lait de brebis. Nul doute que la nature du lait ne puisse exercer quelque influence sur les qualités du fromage; toutefois, cette influence n'est pas aussi marquée qu'on pourrait le croire au premier abord. Ce qui modifie surtout les propriétés du fromage, ce sont les procédés de fabrication, qui sont loin d'être identiques pour toutes les localités. A cet égard, il importe de remarquer qu'une assez

dification, en apparence légère, dans l'un ou l'autre des traitements que l'on fait subir au fromage, peut imprimer aux produits des qualités essentiellement différentes.

Au point de vue scientifique, il est difficile de se rendre compte de la cause de ces variations; nous dirons plus, on ignore dans l'état actuel de la science en quoi consistent les modifications que la caséine doit subir pour se transformer en fromage. On conçoit, dès lors, que les opérations que nous venons d'indiquer ne sont soumises, à défaut d'indications théoriques, qu'à des règles basées sur l'expérience.

Or, voici la marche générale que l'expérience a tracée. On commence par porter le lait à une température de 28° à 30° c. Il est bon de se servir, pour cette opération, de la chaleur d'un bain-marie. On ajoute ensuite la *présure*. On nomme ainsi le ferment particulier destiné à opérer la coagulation du lait et qu'on prépare à l'aide de la caillette d'un veau nouveau-né, ainsi que nous l'avons déjà indiqué. On peut l'employer sous forme d'infusion ou en nature, en le plaçant dans un nouet, que l'on laisse séjourner dans le lait. 8 à 12 grammes de présure suffisent pour coaguler 10 litres de lait. Un contact de une à deux heures est nécessaire pour obtenir une coagulation complète.

Lorsque le caillé est bien pris et qu'il est suffisamment raffermi, on le rompt afin de le séparer du petit-lait. Cette opération s'exécute primitivement à l'aide d'un couteau à trois lames. Quand le caillé divisé s'est rassemblé au fond du vase, on enlève le petit-lait et on recueille le fromage dans une étamine. Après l'avoir laissé égoutter on le met sous la presse ou sous une planche chargée de poids. Au bout d'une demi-heure, on retire le fromage, on le divise en morceaux, que l'on réduit en particules très-fines à l'aide d'un moulin à râpe.

La pâte homogène que l'on obtient ainsi est soumise de nouveau à une compression graduée qui dure de 12 à 24 heures. Dans quelques localités, pour donner plus de dureté à la croûte, on *échaude* le fromage comprimé, en le trempant pendant une ou deux heures dans un vase rempli de petit-lait d'une chaudière prêt à bouillir.

L'opération de la salaison consiste à plonger le fromage comprimé pendant deux jours [illegible]

saumure, où il reste plusieurs jours. Dans d'autres cas, pour saler le fromage, on en couvre la surface et on en frotte les côtés avec du sel pilé, en ayant soin de le retourner de temps en temps. Quand on juge que l'opération est terminée, ce qui arrive ordinairement au bout de dix jours, on lave la surface des fromages avec de l'eau chaude ou du petit-lait chaud et on les place sur une planche pour les sécher.

Quand les fromages sont secs, on les porte à la cave ou au magasin, où on les range sur des tablettes ou casiers. Ils y séjournent pendant un temps plus ou moins long, pour y subir une espèce de fermentation, dont la marche est ralentie par le sel marin qui les imprègne. Quand ils ont acquis le goût et les autres qualités propres à chacun d'eux, on les livre à la consommation.

Telles sont les différentes opérations qui résument la fabrication des fromages. Comme on peut le penser, ces opérations subissent quelques modifications, selon la nature du fromage que l'on veut fabriquer. Le procédé que l'on vient de décrire est à peu près celui que l'on emploie pour la fabrication du fromage de *Gruyères*. Nous ajouterons seulement que le caillé, convenablement brassé, est cuit dans une chaudière, jusqu'à ce qu'il ait atteint la température de 55° c.; après quoi on le comprime, ainsi que nous l'avons décrit.

Le fromage de *Parmesan* est fait avec du lait écrémé, et la pâte en est ordinairement colorée avec du safran.

Le fromage de *Brie* se fabrique avec du lait non écrémé. C'est un fromage gras, d'excellente qualité, quand il est bien préparé, mais qui présente l'inconvénient de ne pas se garder longtemps.

La fabrication du fromage de *Hollande* est différente; elle se fait à froid et avec du lait entier.

Les qualités des fromages de *Chester* varient suivant la quantité de crème qu'ils renferment. Dans quelques laiteries, on sépare une partie de la crème du soir pour faire du beurre, et on ajoute le lait écrémé à la traite du matin; dans d'autres, on ajoute toute la crème, et on supprime une portion du lait écrémé.

Le fromage de *Roquefort* se fait avec un mélange de lait de chèvre et de lait de brebis. Les procédés de fabrication diffèrent peu de ceux que nous avons indiqués; mais ils of-

Digitized by Google

frent cela de particulier, qu'on laisse séjourner les fromages dans des caves qui offrent des conditions toutes spéciales. Elles sont adossées à un rocher calcaire qui entoure le village de Roquefort, et dans lequel on remarque de nombreuses fentes livrant passage à un courant d'air froid. La température de ces caves est donc très-basse. Chaptal a observé que, le 21 août 1787, un thermomètre marquant à l'ombre 25° R., est descendu à 4° au-dessus de 0°, après un quart d'heure d'exposition dans le voisinage d'un de ces courants rapides.

CHAPITRE IX.

OEUFS.

4571. L'œuf, le produit de la conception des oiseaux, se compose de trois parties : la *coquille*, enveloppe dure, revêtue à l'intérieur d'une membrane, le *blanc* et le *jaune*.

La coquille est ordinairement incolore; parfois, cependant elle offre des couleurs variées, parmi lesquelles la teinte grise est celle que l'on remarque le plus fréquemment. Les coquilles ne sont pas imperméables; elles sont criblées de pores qui livrent passage à l'air. L'oxygène de cet air joue, sans aucun doute, un rôle important dans les phénomènes chimiques qui accompagnent le développement du jeune oiseau.

Vauquelin et Proust ont fait l'analyse des coquilles d'œuf de poule, qui renferment, d'après ces chimistes :

	Vauquelin.	Proust
Carbonate de chaux.....	89,6	97
Phosphate de chaux avec un peu de phosphate de magnésie..	5,7	7
Matière animale renfermant du soufre.....	4,7	2

La coquille est revêtue intérieurement par une membrane mince formée, d'après Vauquelin, d'albumine coagulée; elle constitue environ les 2 millièmes du poids de l'œuf, et laisse, à l'incinération, une petite quantité de cendres formées de phosphate de chaux. Au gros bout de

Digitized by Google

l'œuf, elle se détache de la coquille dans une certaine étendue, et la cavité qui se forme ainsi renferme de l'air, qui serait même un peu plus riche en oxygène que l'air extérieur, s'il fallait s'en rapporter aux expériences de Bischof.

Le blanc d'œuf constitue une solution assez concentrée d'albumine, renfermée dans des poches celluleuses, très-minces, mais assez résistantes pour la contenir et lui donner un aspect gélatineux particulier. Les cellules extérieures renferment une solution moins concentrée d'albumine que celles qui entourent le jaune. Le blanc d'œuf renferme 12 à 13,8 pour 100 d'albumine.

Il se coagule à 75°. Lorsqu'on le mélange avec de l'eau, on n'obtient jamais une solution bien claire; car les membranes déchirées par l'agitation, et naturellement insolubles, troublent toujours la transparence de la liqueur. Par la même raison, l'albumine du blanc d'œuf ne filtre que très-difficilement. Pour lui donner de la fluidité et pour obtenir une dissolution claire, il suffit d'y ajouter une goutte de potasse, qui dissout les membranes.

Le blanc d'œuf renferme presque toujours de la soude et du chlorure de sodium; on y trouve en outre des traces de matière extractiforme, soluble dans l'alcool.

Prout a déterminé la nature et la proportion des matériaux inorganiques que renferme le blanc d'œuf. Voici les résultats auxquels il est arrivé en incinérant cette substance et en analysant les cendres :

	I.	II.	III.
Acide sulfurique.....	0,29	0,05	0,18
Acide phosphorique.....	0,45	0,46	0,48
Chlore.....	0,94	0,93	0,87
Potasse et soude en partie à l'état de carbonate.....	2,02	2,83	2,73
Chaux et magnésie (idem)..	0,30	0,25	0,32

Le *jaune* occupe la partie centrale de l'œuf; il est séparé du blanc par une membrane que deux ligaments, appelés *chalazes*, attachent aux cellules extérieures. C'est une véritable émulsion formée par une dissolution aqueuse de vitelline, et tenant en suspension une huile particulière connue depuis longtemps sous le nom d'huile d'œufs. Pour l'isoler, on se contente dans les pharmacies de torréfier les jaunes d'œufs coagulés par la chaleur, jusqu'à ce qu'ils de-

Digitized by Google

viennent gras, et de les exprimer ensuite. On retire ainsi de chaque jaune environ 3 grammes d'une huile épaisse, colorée en jaune rougeâtre, et qui se fige lorsqu'on la refroidit. Elle possède une odeur particulière et une saveur agréable. Comme elle renferme presque toujours des débris de matières animales étrangères, elle rancit très-vite. Pour la purifier et la conserver plus longtemps, il faudrait la dissoudre dans l'éther. La nature particulière de cette huile n'est pas encore connue.

On sait seulement qu'elle renferme du soufre et du phosphore comme la graisse cérébrale, ce qui explique la difficulté qu'on éprouve à l'incinérer complétement. Tout récemment, M. Gobley a constaté que le phosphore y est contenu à l'état d'acide phosphoglycérique, combinaison d'acide phosphorique et de glycérine anhydre, que vient de découvrir M. Pelouze. En outre, M. Gobley a trouvé dans le jaune d'œuf de l'acide oléique et de l'acide margarique.

D'après M. Lecanu, le jaune d'œuf renfermerait encore un tiers pour 100 d'une graisse cristalline, non saponifiable, fusible à 145°, et qu'il regarde comme identique avec la cholestérine. Quant à la vitelline, nous l'avons déjà décrite.

En incinérant le jaune d'œuf avec du nitrate de potasse et ensuite avec du nitrate de chaux, Prout a déterminé la proportion des matériaux inorganiques qu'il renferme. Voici les résultats qu'il a obtenus.

	I.	II.	III.
Acide sulfurique.......	0,21	0,06	0,19
Acide phosphorique......	3,56	3,50	4,00
Chlore..........	0,39	0,28	0,44
Potasse et soude en partie à l'état de carbonates.....	0,50	6,27	0,51
Chaux et magnésie (idem)....	0,68	0,61	0,67

4572. Telle est la composition générale de l'œuf. Prout a fait quelques expériences dans le but de déterminer le poids relatif des diverses parties qui le constituent; il a constaté que ce poids est sujet à varier; cependant, d'après une moyenne prise sur dix œufs, on peut admettre les rapports suivants. Si l'œuf entier pèse 100 parties, le

Digitized by Google

poids de la coquille et de ses membranes s'élève à 10, celui du blanc à 0, enfin celui du jaune à 30.

Lorsqu'on conserve les œufs au grand air, ils perdent journellement, d'après Prout, 3 à 4 centigrammes de leur poids, et au bout de deux ans toutes les parties qu'ils renferment se trouvent desséchées en une masse solide qui occupe le petit bout de l'œuf. Si, dans cet état, on les remet dans l'eau, ils en absorbent beaucoup, et reprennent jusqu'à un certain point les propriétés des œufs frais, du moins ils ne dégagent pas l'odeur de l'hydrogène sulfuré.

Lorsqu'on fait cuire un œuf frais dans l'eau, il perd de 2 à 3 pour 100 de son poids, en cédant à ce liquide quelques uns des sels que renferme la coquille ou même les parties intérieures. En évaporant la liqueur, elle laisse déposer du carbonate de chaux, un peu de phosphate de chaux, et retient en dissolution de la soude, du sulfate, du chlorure et du phosphate sodiques, avec quelques traces de matières animales.

Les changements qui surviennent dans l'œuf pendant l'incubation, ont été étudiés d'une manière plus attentive sous le rapport de l'évolution successive des organes de l'embryon, que sous le rapport des phénomènes chimiques qui l'accompagnent. On a constaté, depuis longtemps, que le poids d'un œuf couvé diminue journellement. D'après les expériences de Prout, l'œuf perdrait ainsi, pendant les trois semaines que dure l'incubation, environ un sixième de son poids, c'est-à-dire huit fois autant qu'il en perdrait, pendant le même espace de temps, dans les circonstances ordinaires. Cette perte est due en partie à l'eau qui s'évapore à travers les pores de la coquille, en partie à une véritable respiration, qui a pour effet de transformer en eau et en acide carbonique une partie des éléments organiques de l'œuf.

Cette respiration de l'œuf, déjà reconnue et clairement énoncée par d'anciens observateurs, a été nettement établie par les expériences de MM. Bouchardat et Martin-Saint-Ange. Ces observateurs ont fait couver des œufs dans un espace hermétiquement fermé, et dont ils élevaient la température par des moyens artificiels. Une disposition particulière de l'appareil, analogue à celle que l'on a employée pour doser les gaz du sang, permettait d'ailleurs de recueillir et de soumettre à l'analyse l'atmosphère qui entourait

les œufs. L'air intérieur, fortement aspiré, cédait à des appareils condenseurs toute l'eau et tout l'acide carbonique dont il s'était chargé par son contact avec les œufs, et était remplacé par de l'air pur, privé de vapeur d'eau et d'acide carbonique. En comparant les pertes éprouvées par les œufs à l'augmentation de poids des appareils condenseurs, MM. Baudrimont et Martin-Saint-Ange ont remarqué que ces deux quantités étaient loin de se correspondre, et que le poids des produits condensés excédait sensiblement celui qui exprimait les pertes éprouvées par les œufs. Cet excès, ils l'attribuent, avec raison, à l'oxygène absorbé pendant le cours de l'incubation. Voici les chiffres qu'ils citent à cet égard, pour une expérience qui a duré trois jours :

Eau condensée	5,1950
Acide carbonique formé	0,7840
	5,9790
Perte de poids éprouvée par les œufs	4,9450
Excès des produits recueillis sur la perte	1,0335

On peut donc regarder le phénomène de la respiration de l'œuf comme un fait bien établi. C'est d'ailleurs une fonction nécessaire, car l'hématose doit s'accomplir chez le jeune oiseau d'une manière directe, tandis qu'elle s'accomplit chez le fœtus des mammifères par l'intermédiaire du sang maternel.

4573. Les changements qui surviennent dans la composition des parties constituantes de l'œuf pendant le cours de l'incubation, et qui se lient probablement à l'absorption d'oxygène dont nous venons de parler, sont manifestes et très-importants; mais malheureusement, il est difficile de les suivre et surtout de les expliquer. Tout ce que l'on sait à cet égard se réduit aux données qui résultent des analyses, déjà un peu anciennes, de Prout.

Au bout de la première semaine, l'œuf a perdu 5 pour cent de son poids; le blanc est devenu plus liquide, et se congule, comme du lait caillé, en grumeaux, qui renferment une huile jaunâtre, soluble dans l'alcool. Prout considère ce blanc comme une modification de l'albumine or-

Digitized by Google

dinaire. Quant au jaune, il est devenu spécifiquement plus léger que le blanc; aussi, vient-il s'appliquer à la partie supérieure de la coquille, et puiser, pour ainsi dire, à la source, l'oxygène nécessaire au développement du germe. Il s'établit, d'ailleurs, entre le blanc et le jaune, un échange de principes. Les sels du blanc passent dans le jaune, et celui-ci, tout en gardant le phosphore nécessaire au développement du système osseux du jeune oiseau, perd une partie de son huile. La composition du gaz qui remplit la chambre intérieure de l'œuf a d'ailleurs changé; il ne renferme qu'environ 15 p. d'oxigène au lieu de 21.

Un œuf couvé depuis une semaine renferme, sur 1000 parties:

Albumine non altérée	236,2
Albumine modifiée	179,8
Liquide amniotique, membranes	
et vaisseaux	97,0
Embryon	22,0
Jaune	301,3
Coquille et perte	171,1

Le jaune a donné par l'incinération 0,6 de chlore, et 6,8 d'alcali.

A la fin de la seconde semaine, la perte de l'œuf s'élève à 13 pour cent; l'embryon a déjà pris un volume considérable, et paraît s'être développé aux dépens du blanc qui a diminué dans la même proportion; l'albumine s'est d'ailleurs concentrée, et devient plus dure par la coction; le jaune, au contraire, a repris sa densité et son volume primitifs, mais il a déjà perdu une grande partie de son phosphore, employé pour la formation des os du jeune oiseau. L'œuf renferme alors

Albumine non altérée	175,5
Liquide amniotique, membranes, etc.	273,5
Embryon	70,0
Jaune	250,7
Coquille et perte	230,3
	1000,0

Digitized by Google

Le dix-septième jour, le jaune et le liquide amniotique incinérés, ont donné :

	Jaune	Liquide amniotique.
Acide sulfurique.	0,10	0,54
Acide phosphorique.	2,50	1,70
Chlore.	0,50	0,68
Potasse et soude (en partie à l'état de carbonate). .	0,56	2,40
Chaux et Magnésie.	0,75	1,10

L'incubation est terminée à la fin de la troisième semaine ; l'œuf a perdu alors 16 part. de son poids : le blanc a presqu'entièrement disparu, et le jaune, considérablement diminué, est renfermé dans l'abdomen du jeune oiseau. L'œuf présente alors la composition suivante :

Albumine et membranes. . . .	[illegible]
Embryon.	[illegible]
Jaune.	167,7
Coquille et perte.	247,7
	1000,0

Le tableau suivant donne le résultat de l'incinération de deux œufs complètement couvés, le poids étant supposé 1000.

	PARTIES de l'œuf.	Reste de blanc et membrane	L'albumine	Le jaune	Total	Total des mêmes substances dans les œufs frais
ŒUF N° 2.	CHAUX et MAGNÉSIE en partie à l'état de carbonates.	0,12	0,60	1,10	3,82	0,90
	POTASSE et SOUDE en partie à l'état de carbonates.	0,25	0,14	0,03	2,46	2,95
	CHLORE.	0,09	0,08	0,06	0,23	1,21
	Acide phosphorique.	0,13	0,71	3,23	4,07	4,48
	Acide sulfurique.	0,03	0,01	0,02	0,26	0,27
ŒUF N° 5.	CHAUX et MAGNÉSIE en partie à l'état de carbonates.	0,12	0,54	1,26	3,96	0,92
	POTASSE et SOUDE en partie à l'état de carbonates.	0,24	0,26	0,05	2,55	3,49
	CHLORE.	0,09	0,55	0,03	0,67	1,33
	Acide phosphorique.	0,13	3,02	1,06	4,30	4,61
	Acide sulfurique.	0,01	0,41	0,01	0,53	0,58

Il est facile de voir, à l'inspection de ce tableau, que les chlorures et l'alcali ont diminué pendant l'incubation, et que les sels alcalins, au contraire, ont augmenté dans une forte proportion; il est évident, d'ailleurs, que c'est la coquille qui fournit les matériaux terreux qui entrent dans l'œuf, car elle devient plus mince et plus fragile après l'incubation.

CHAPITRE X.

LIQUEUR SÉMINALE.

Leeuwenhoek, *Anatomia seu interiora rerum*. Lugd. Bat., 1687. *Arcana naturæ*, Delphis, 1693. *Epistolæ physiologicæ*, Delphis, 1719.

Prevost et Dumas, *Ann. des sciences natur.*, t. I, II.

Vauquelin, *Ann. de chim.*, t. IX, p. 64.

Berzelius, *Chimie animale*.

4374. La liqueur spermatique des animaux constitue un liquide blanchâtre ou jaunâtre, qui se compose d'une espèce de sérum, des animalcules spermatiques et de granules ou globules. Les animalcules qui en sont la partie caractérisque sont fournis par le testicule. Les animalcules spermatiques, découverts par Hartsoeker, décrits pour la première fois par Leeuwenhœk, varient dans leur forme et dans leur grandeur, chez les différents animaux, d'une classe, d'un genre, et même d'une espèce à l'autre.

Quand on examine la liqueur spermatique de l'homme au microscope, on voit qu'elle est constituée par un liquide transparent dans lequel se meuvent, avec une très-grande rapidité, ces animalcules ressemblant assez, par leur forme, aux têtards de grenouilles; ils ont une vitalité tout à fait indépendante de l'animal qui les porte; au moins conservent-ils leurs mouvements spontanés bien longtemps après que la liqueur séminale a été excrétée. On peut les tuer en employant plusieurs moyens: l'étincelle électrique les foudroie; mais ils résistent à l'action de la pile. La strychnine, l'acide prussique, les alcalis, les acides, les tuent promptement. Quand on les place dans différents liquides de l'économie, comme le sang, le lait, les li-

Digitized by Google

queurs de l'utérus, ils continuent à vivre. Ils vivent pendant un temps assez long dans l'urine de l'animal qui les a sécrétés, mais périssent promptement dans celle d'un autre. Ils peuvent vivre dans l'eau.

Isolés, ils offrent les caractères physiques de la fibrine, et présentent sensiblement les mêmes propriétés chimiques.

A côté des animalcules, le sperme contient des globules minces, granulés, et des débris épithéliques; ces globules ont été regardés comme des animalcules incomplets, non développés.

Les expériences connues jusqu'à ce jour tendent à faire admettre que c'est dans les animalcules seuls que réside la vertu fécondante du sperme. Du moins, dans les expériences sur la fécondation artificielle du frai de grenouille, est-on arrivé à ce résultat remarquable, que c'est la portion insoluble du sperme qui féconde.

En effet, la liqueur spermatique, traitée par de l'eau, s'y délaie et se dissout en partie; en filtrant ce liquide à différentes reprises sur des filtres doubles, on s'assure que le liquide qui passe ne féconde pas, tandis que la partie qui est restée sur les filtres jouit de la propriété fécondante.

La liqueur spermatique est un liquide visqueux, alcalin, demi-transparent, présentant parfois une couleur jaunâtre; elle possède une odeur particulière qui ressemble tout à fait à l'odeur du pollen de quelques arbres.

Elle perd en partie sa viscosité et son odeur, si on la recueille après plusieurs éjaculations; sa couleur est toujours blanche dans ce cas. L'odeur de la liqueur spermatique disparaît par la dessiccation; mais se manifeste de nouveau lorsqu'on la mouille. D'après M. Orfila, on peut la reconnaître à ce caractère, même au bout de six mois; ainsi, du linge taché de sperme, humecté d'un peu d'eau et distillé au bain-marie, laisse dégager une liqueur qui possède une odeur spermatique.

Si, après l'émission, on la laisse en repos, elle perd sa viscosité, devient limpide, et peut se délayer dans l'eau; projetée dans ce liquide au moment de l'émission même, elle se porte au fond, et s'y divise par l'agitation en filaments.

Il paraîtrait, d'après cela, qu'au moment de l'émission, la matière organique du sperme s'y trouve gonflée, mais non dissoute, et qu'elle ne devient liquide et soluble que quelque temps après son émission. La dissolution qui

Digitized by Google

se forme ainsi ne se coagule pas par la chaleur. Les animalcules semblent étrangers à cette modification de la liqueur spermatique, très-probablement nécessaire pour en favoriser d'abord le séjour ou le transport dans les organes femelles, et plus tard l'absorption par les ovules qu'elle doit féconder.

Quand on évapore la liqueur séminale, elle se couvre d'une pellicule organique dans laquelle on rencontre de petits grains qui sont composés de phosphate de chaux, d'après Vauquelin. Elle laisse, par la dessiccation, un résidu jaunâtre, transparent et fendillé, s'élevant à dix pour cent environ du poids de la liqueur employée. Ce résidu est composé, d'après Vauquelin, de :

Matière animale.....	6
Phosphate de chaux.....	3
Soude.....	1
	10

Tous les acides dissolvent la liqueur séminale, et les alcalis précipitent cette dissolution; la potasse caustique la dissout également et les acides ne la précipitent pas.

Le chlore y forme un coagulum insoluble dans l'eau et dans les acides.

D'après John la liqueur séminale contiendrait une matière muqueuse particulière, des traces d'albumine modifiée, une petite quantité de matière soluble dans l'éther, de la soude, du phosphate de chaux, des chlorures, du soufre et un corps odorant volatil.

Quand, au moment de l'émission, on fait tomber le sperme dans de l'alcool à 0,835, et qu'on le laisse pendant quelques instants en contact avec ce liquide, il devient opalin, et forme une sorte de peloton de fil, comme s'il était sorti dans cet état des canaux déférents. Il perd ainsi la propriété de redevenir liquide. Si on le dessèche, il reste fibreux comme auparavant, opaque et d'un blanc de neige. L'eau le ramollit peu à peu, et n'en dissout que des quantités minimes par une ébullition prolongée.

La portion dissoute par l'eau, évaporée à siccité, se redissout dans le liquide en partie à froid, en partie à chaud; dissolution de noix de galle précipite ces dissolutions.

La portion insoluble ne se dissout pas dans des lessives alcalines étendues.

L'acide sulfurique concentré dissout le coagulum formé

Digitized by Google

dans l'alcool ; l'eau précipite cette dissolution. Le précipité ne se dissout pas dans l'eau chaude.

L'acide nitrique froid le colore en jaune sans le dissoudre. A chaud, il en opère la dissolution ; cette liqueur est précipitée par l'eau.

L'acide acétique le rend gélatineux et transparent, et le dissout lorsqu'on fait bouillir la liqueur étendue d'eau. La dissolution n'est pas parfaitement limpide ; elle est précipitée par le cyanure jaune de potassium et de fer, mais non par le carbonate d'ammoniaque ou par le sublimé ; l'infusion de noix de galle produit un précipité, qui ne se dépose que lentement.

Enfin, ce coagulum formé par l'alcool, se dissout à chaud dans une dissolution moyennement concentrée de lessive de potasse ; l'acide acétique ne précipite pas cette dissolution.

Quand on fait tomber la liqueur spermatique dans l'eau, elle se porte au fond du liquide, et s'y coagule en formant une masse fibreuse ; par l'agitation, cette masse se divise en filaments ; retirés de l'eau, ceux-ci se dissolvent dans l'acide acétique ; cette dissolution est précipitée par le cyanure jaune. Si on laisse ces filaments dans l'eau, pendant longtemps, ils éprouvent la modification que la liqueur séminale subit elle-même, c'est-à-dire qu'ils deviennent solubles en laissant toutefois un résidu formé de flocons très divisés qui se déposent lentement. Ce résidu est presque insoluble dans l'acide acétique.

Si on évapore la dissolution aqueuse au bain-marie, elle dégage l'odeur de la liqueur spermatique, devient opaline vers la fin, et laisse un vernis presque invisible sur le verre ; ce vernis humecté d'eau, devient opaque, se gonfle et se détache du verre ; l'eau en dissout une petite portion. La dissolution évaporée cède à l'alcool absolu une petite quantité de matière extractive qui rougit fortement le tournesol. L'alcool à 0,833 en dissout une autre portion. Ces deux matières dissoutes possèdent les propriétés des extraits de viande.

La partie soluble du sperme, desséchée et épuisée par l'alcool, cède à l'eau bouillante une certaine quantité d'une matière extractive qui colore la dissolution, et qui reste après l'évaporation sous la forme d'une masse jaunâtre, transparente, fendillée, soluble dans l'eau. Cette dissolution forme avec l'acétate neutre de plomb, le pro-

Digitized by Google

tochlorure d'étain, le nitrate d'argent et l'infusion de noix de galle, des précipités muqueux et volumineux.

La portion insoluble dans l'eau ne se dissout pas dans l'acide acétique, et seulement en partie, dans des lessives étendues et froides de potasse.

La dissolution potassique neutralisée par l'acide acétique, précipite par l'infusion de noix de galle; évaporée et épuisée par l'eau, elle laisse la matière organique sous la forme d'une masse mucilagineuse.

CHAPITRE XI.

OS.

BERZELIUS, *Chimie animale.*
LASSAIGNE, *Journ. de chim. méd.*, t. IV, p. 366.
REES, *Lond. and Edimburg phil. mag.*, 1838.
SEBASTIAN, *Nat. Tydschrift*, 1838, t. I, p. 4.
VALENTIN, *Repertoriam f. Anat. et Phys.*
MARCHAND, *Lehrbuch der physiol. Chemie.* Berl., 1842.

Les os sont des organes résistants, destinés à soutenir et à protéger les parties molles de l'organisme; ils se composent essentiellement de deux éléments : d'une partie inorganique, terreuse, qui leur donne la solidité qu'exigent leurs fonctions, et d'un tissu organique, formé par une substance cartilagineuse et par les vaisseaux et les nerfs, que l'on rencontre dans tous les organes doués de vitalité. Extérieurement, ils sont recouverts par une membrane très-vasculaire, que l'on nomme *périoste;* quelquefois, et cela arrive surtout pour les os longs, leur partie centrale se creuse en un canal, qui renferme la moelle. A la surface extérieure, l'os est ordinairement plus compacte; son tissu est plus condensé qu'à l'intérieur, où l'on rencontre, surtout pour les os plats, des cellules osseuses formées par des lames minces, que l'on nomme *diploë*.

Le chimiste suédois Gahn a reconnu, le premier, que la partie inorganique des os est principalement formée de phosphate de chaux; elle renferme en outre du carbonate de chaux, un peu de fluorure de calcium, de la magnésie probablement à l'état de phosphate, et quelques traces d'oxydes de fer et de manganèse. Rien n'est plus facile que d'isoler cette partie inorganique de l'os. Il suffit de calciner

Digitized by Google

fortement les os, au contact de l'air, pour détruire entièrement toutes les substances organiques, et pour avoir un résidu terreux parfaitement blanc et qui conserve ordinairement la forme primitive de l'os. Si l'on opère cette calcination en vase clos, les matières organiques, au lieu de brûler, ne font que se charbonner, et l'on obtient un résidu noir qui sert à la préparation du noir d'ivoire.

Il est facile d'extraire de la terre des os tous les matériaux inorganiques dont elle se compose. Nous savons déjà par quels procédés on peut en extraire le phosphore. La composition du phosphate de chaux que renferment les os se représente, d'après Berzélius, par la formule $3P^2O^5\ 8CaO$. Mais, il se pourrait bien, comme le fait remarquer M. Mitscherlich, que ce sel renfermât un peu plus de chaux, et que sa composition fût représentée par la formule plus simple : $P^2O^5\ 3CaO$, qui serait d'ailleurs mieux en harmonie avec la constitution générale des phosphates. Pour démontrer dans les os calcinés la présence de la magnésie, on les dissout dans l'acide nitrique ; on ajoute à la liqueur de l'ammoniaque, jusqu'à ce qu'elle commence à se troubler, et l'on précipite l'acide phosphorique à l'aide de l'acétate de plomb ; on filtre et on sépare la chaux, à l'aide de l'oxalate d'ammoniaque, et l'on obtient, après une nouvelle filtration, une dissolution qui, évaporée et calcinée, fournit un résidu de magnésie, mélangée de quelques traces d'oxydes de fer et de manganèse.

Quant au fluorure de calcium, on peut s'assurer de sa présence, en décomposant une certaine quantité d'os calcinés et pulvérisés, par l'acide sulfurique dans une capsule de platine. Les vapeurs qui s'échappent lorsque l'on chauffe corrodent une lame de verre.

On trouve dans les os calcinés à blanc une petite quantité de sulfate de chaux qui n'y existait pas avant la calcination. L'acide sulfurique ne se forme, en effet, que par l'oxydation du soufre, que renferment les matières animales dont l'os est imprégné.

On peut extraire complétement les substances terreuses des os en les faisant digérer à froid avec de l'acide chlorhydrique étendu ; les sels inorganiques se dissolvent, et la matière cartilagineuse et les vaisseaux restent sous la forme d'une masse molle, flexible et transparente, qui, par l'ébullition avec de l'eau, se résout presque entièrement en

Digitized by Google

gélatine. L'acide chlorhydrique enlève d'ailleurs, même à froid, avec les sels inorganiques une portion de la matière animale. Si l'on veut déterminer avec exactitude le rapport des éléments inorganiques aux éléments organiques de l'os, il faut donc employer de l'acide chlorhydrique très-étendu ; ou mieux encore, il faut avoir recours à la calcination pure et simple.

Pendant la dissolution des os frais dans l'acide chlorhydrique, on remarque un dégagement d'acide carbonique; preuve évidente que cet acide n'est pas seulement le produit de la calcination.

Les premières analyses que l'on ait faites sur les os à l'état normal sont dues à M. Berzélius. En voici les résultats :

	Os d'homme.	Os de bœuf.
Cartilage complétement soluble dans l'eau	32,17	33,30
Vaisseaux	1,13	
Phosphate de chaux basique avec un peu de fluorure de calcium	53,04	57,35
Carbonate de chaux	11,30	3,85
Phosphate de magnésie	1,16	2,05
Soude avec très-peu de chlorure de sodium	1,20	3,45
	100,00	100,00

Avant de les soumettre à l'analyse, les os avaient été soigneusement débarrassés du périoste, de la graisse et de l'humidité.

M. Marchand a trouvé, dans le fémur d'un homme de trente ans, les substances suivantes :

Cartilage insoluble dans l'acide chlorhydrique	27,23
Cartilage soluble dans l'acide chlorhydrique	5,02
Vaisseaux	1,01
Phosphate de chaux basique	52,26
Fluorure de calcium	1,00
Carbonate de chaux	10,21

Digitized by Google

Phosphate de magnésie	1,05
Soude	0,92
Chlorure de sodium	0,25
Oxyde de fer, oxyde de manganèse et perte	1,05
	100,00

Voici quelques analyses d'os humains faites par M. Valentin :

	I. Substance corticale du tibia d'un homme.	II. Substance médullaire du même os.	III. Condyle externe du fémur d'une jeune fille.	IV. Tête du tibia.
Cartilages, vaisseaux, etc.	38,02	41,16	41,16	48,56
Matériaux inorganiques...	61.98	58,84	44 82	51,44
Phosp. de chaux basique	52.93	49,02	37,01	41,27
Carbonate de chaux.....	7.66	7.76	5.04	7,11
Phosphate de magnésie...	0 25	1,54	0,87	0,88
Chlorure de sodium.....	0,91	0,44	0,65	1,67
Carbonate de soude.....	0,28	0,07	1,43	

En comparant ces analyses aux précédentes, on voit qu'elles se distinguent par une proportion moins considérable de matériaux inorganiques, résultat qui est dû, peut-être, à une dessiccation moins complète. Elles font voir, cependant, que les rapports entre les éléments organiques et les parties organiques des os sont loin d'être constants, et qu'ils varient suivant la nature des os et l'âge de l'individu. M. Rees a fait à ce sujet des expériences très-délicates taillées sur les os d'un homme adulte et ceux d'un enfant nouveau-né, mais venu à terme.

	Os d'un homme adulte.		Os d'un enfant nouveau-né.	
	Matériaux inorg.	Matériaux org.	Matériaux inorg.	Matériaux org.
Tibia	60,01	39,99	56.52	43.48
Femur. . . .	62,02	37,51	57,51	42.49
Humérus . .	63.02	26,98	58.08	41,92
Péroné. . . .	60.02	39,98	56,00	44.00
Cubitus . . .	60.50	39.50	57,59	42,41
Radius. . . .	60,51	39.49	56,50	43.50
Temporal. . .	63.50	36,50	55.90	44.10
Vertèbres. . .	57,42	42,58	—	—
Côtes.	57,49	42,51	53.75	46 25
Clavicule. . .	58,52	42,48	56.75	43.25
Os iliion. . .	58,79	41.21	58,50	41.50
Omoplate. . .	54,51	45.49	56,60	43,40
Sternum. . .	56.00	44.00		
Métatarsiens.	66,52	53,47		

Digitized by Google

Ces analyses présentent, comme celles de M. Valentin, un excès de matières organiques, qu'il faut attribuer probablement à la cause que nous avons déjà signalée. Telles qu'elles sont, elles donnent cependant lieu à quelques remarques intéressantes. Elles font voir, par exemple, que les os du crâne sont les plus riches en sels terreux. Les os longs des membres, qui par la nature de leurs fonctions, exigent aussi une grande solidité, se rapprochent beaucoup des os du crâne par la proportion des phosphates. Quant aux côtes, aux vertèbres, à la clavicule, à l'omoplate et au sternum, ils présentent une composition analogue à celle des os des enfants, en général plus mous et plus vasculaires, et dont quelques-uns n'acquièrent de la dureté que dans un âge assez avancé.

La quantité des substances terreuses augmente dans les os à mesure que l'individu avance en âge; c'est du moins ce qui résulterait des analyses suivantes, dues à M. Schreger :

	Os des enfants.	Des adultes.	Des vieillards.
Matières organiques.	47,20	30,18	12,2
Substances terreuses.	48,48	74,84	84,1
	95,68	95,02	96,5

On ne possède que des données fort incomplètes sur la composition des os des animaux. M. Barros a fait quelques analyses comparatives sur les os des animaux, en déterminant les proportions relatives de phosphate et de carbonate de chaux. Voici les résultats qu'il a obtenus :

	Phosphate de chaux.	Carbonate de chaux.
Os de lion.....	95,0	2,5
de mouton....	80,0	19,3
de poule.....	88,9	10,4
de grenouille..	95,2	2,4
de poisson	91,9	5,3

Il résulterait de ces analyses, à la vérité fort incomplètes, que les os des herbivores et des granivores sont plus riches en carbonates que ceux des autres animaux.

On doit à M. Chevreul une analyse des os du crâne de la morue. Il y a trouvé :

Digitized by Google

Matière animale et humidité...	46,24
Phosphate de chaux.....	47,86
Carbonate de chaux.....	5,50
Phosphate de magnésie.....	2,20
Sel de soude.....	0,60
	100,05

M. Dumenil a trouvé dans les os du brochet :

Matière animale.....	37,36
Phosphate de chaux.....	56,26
Carbonate de chaux.....	6,15
Soude, chlorures, phosphates et perte.....	1,22
	100,00

Les os de ces poissons présentent, comme on voit, une composition analogue à celle des os des mammifères. Mais il existe une classe de poissons dont le système osseux offre une composition tout à fait différente : ce sont les poissons cartilagineux. M. Chevreul, qui a analysé les os d'une grande espèce de squale (*squalus peregrinus*), n'y a rencontré que fort peu de matières inorganiques. La substance cartilagineuse qui les forme est transparente, bleuâtre, flexible et facile à couper en lames très-minces. Elle se gonfle, peu à peu, dans l'eau chaude, en conservant une transparence parfaite ; elle exige, pour se dissoudre, 100 fois son poids d'eau bouillante. Cette dissolution n'est pas précipitée par le tannin et ne se prend pas en gelée par l'évaporation. L'alcool la rend plus compacte en lui faisant perdre en partie sa transparence ; l'acide chlorhydrique la dissout, et cette dissolution est précipitée par le tannin. On le voit, cette matière diffère par ses propriétés de l'albumine et de la gélatine, et se rapproche du mucus.

Les analyses de M. Marchand signalent dans les os des poissons cartilagineux une proportion assez notable de sels terreux. Voici les résultats que ce chimiste a obtenus :

	Vertèbre d'un *squalus cornubicus*.
Matière organique.....	58,07
Phosphate de chaux.....	39,40
Sulfate de chaux.....	2,53

Digitized by Google

[illegible]	2,57
[illegible]	4,05
[illegible]	0,80
[illegible]	3,00
Fluorure de calcium, silice, alumine, oxyde de fer et perte	1,20
	100,00

[illegible]

[illegible]	18,45
Phosphate de chaux	44,20
Carbonate de chaux	2,61
Sulfate de chaux	0,85
Sulfate de soude	0,70
Chlorure de sodium	2,46
Fluorure de calcium, phosphate de magnésie et perte	0,74
	100,00

Il est probable que les sulfates que M. Marchand signale dans ces os ne sont formés que pendant l'incinération, comme il le fait d'ailleurs remarquer lui-même.

Lorsque les os sont abandonnés pendant longtemps au contact de l'air, les tissus organiques disparaissent peu à peu, et il ne reste à la fin que les substances terreuses. Cette décomposition des os ne s'effectue que d'une manière très-lente, et lorsque l'os est enfoui dans le sein de la terre, on comprend qu'elle puisse durer pendant des siècles entiers. On rencontre souvent des os fossiles qui renferment encore des proportions notables de matières organiques, comme le prouvent les analyses suivantes. MM. Stokes et Apjohn ont trouvé, dans une côte du *cervus megaceros* de l'Irlande :

Matière animale	42,67
Carbonate de chaux	9,14
Phosphate de chaux avec fluorure de calcium	45,45
Silice	1,14
Oxyde de fer	1,02
Eau et perte	2,58

M. Marchand a analysé deux os d'ours fossiles, dont l'un avait été trouvé à la surface du sol, tandis que l'autre

Digitized by Google

avait été retiré d'une profondeur considérable. Voici les résultats qu'il a obtenus :

	I.	II.
Matière animale.....	4,20	16,24
Phosphate de chaux.....	62,11	56,01
Carbonate de chaux.....	15,24	15,12
Sulfate de chaux.....	12,25	7,14
Fluorure de calcium.....	2,12	1,96
Phosphate de magnésie.....	0,50	0,30
Silice.....	2,12	2,15
Oxydes de fer et de manganèse.	2,12	0,00
Soude et perte.....	1,34	1,08
	100,00	100,00

On voit donc que l'os recueilli près de la surface du sol et qui, par conséquent, avait été soumis à l'action plus directe de l'oxygène, avait subi une décomposition plus profonde que l'autre. Mais l'influence du gisement sur la composition des os fossiles ne se borne pas à empêcher ou favoriser l'action de l'air. On comprend que des matières minérales étrangères puissent, par une infiltration lente mais continue, pénétrer peu à peu dans la substance même de l'os. C'est ainsi que l'on peut s'expliquer la proportion notable de sulfate et de carbonate de chaux, de silice et d'oxyde de fer que les analyses précédentes signalent dans les os fossiles. M. Liebig a trouvé dans les crânes mis au jour par les fouilles qu'on fait à Pompeïa, une proportion plus considérable de fluorure de calcium que dans les os ordinaires. L'excès de ce sel doit également être attribué à la cause que nous venons de signaler, à moins d'admettre, supposition fort peu probable, que les crânes des anciens romains aient été plus riches en fluorure de calcium que les nôtres.

L'influence de l'infiltration sur la composition des os fossiles ressort, d'une manière très-évidente, dans l'analyse faite par Vauquelin sur les os fossiles de Montmartre, qui renferment du sulfate de chaux, évidemment empruntés au sol qui les renferme; il y a trouvé :

Carbonate de chaux.....	7
Sulfate de chaux.....	28
Phosphate de chaux.....	63
Eau et traces de matière animale.....	10

Digitized by Google

Composition des os malades. Quand on met en rapport les fragments d'un os brisé, les deux bouts sécrètent une substance cartilagineuse dans laquelle il se dépose peu à peu du phosphate de chaux et qui finit par souder la fracture. C'est à cette masse qu'on a donné le nom de cal. M. Lassaigne a analysé comparativement le cal et l'os sur lequel il s'était formé. Voici les résultats qu'il a obtenus :

	Cal.		Os.
	Extérieur.	Intérieur.	
Matière organique..	48,5	50,0	40,0
Phosphate de chaux..	32,5	33,0	40,0
Carbonate de chaux..	6,2	5,7	7,6
Sels solubles.....	12,8	11,3	12,4

Le cal était donc moins riche en parties terreuses que l'os lui-même. D'après MM. Lassaigne et Valentin, les exostoses présenteraient une composition analogue à celle du cal, et renfermeraient, comme lui, moins de phosphate de chaux que les os sains. Voici quelques analyses comparatives faites par M. Lassaigne :

	Os frais.	Os condensés.	Exostoses.
Matière organique	41,6	43,6	46
Phosphate de chaux	41,6	36,3	30
Carbonate de chaux	8,2	6,3	14
Sels solubles	8,4	14,2	10

Souvent le rachitisme se manifeste par une altération particulière des os, connue sous le nom d'ostéomalacie. Dans cette maladie, ces organes perdent une partie de leur phosphate de chaux, en devenant mous, et s'affaissent sous le poids du corps. MM. Bostock et Proesch ont analysé les os ainsi altérés, et ont trouvé :

	Bostock.	Proesch.	
	Vertèbre.	Vertèbre.	Côte.
Cartilage.....	79,75	74,64	49,77
Phosphate de chaux.....	15,60	13,25	33,66
— de magnésie..	0,82		
Carbonate de chaux.....	1,15	3,93	4,60
Sulfate de chaux et phosphate de soude (?)....	2,70	6,90	0,40
Matière grasse.....		5,26	11,65

Digitized by Google

Dents. Les différentes parties dont se composent les dents, l'émail, l'os dentaire et le cement, présentent une composition analogue à celle des os. L'*émail*, cette substance dure, lisse et brillante qui entoure l'os dentaire comme une espèce de vernis, et que l'on parvient à en détacher après avoir séché la dent à 120°, renferme plus de sels terreux que les autres parties de la dent. M. Berzélius a analysé l'émail des dents d'homme et des dents de bœuf, et a obtenu les résultats suivants :

	Email d'homme.	Email de bœuf
Phosphate de chaux avec fluorure de calcium.....	88,5	85,0
Carbonate de chaux.....	8,0	7,1
Phosphate de magnésie.....	1,5	3,0
Soude.....		1,4
Membrane brune tenant à l'os dentaire, alcali, eau.....	2,0	3,5
	100,0	100,0

L'*os dentaire* forme la partie intérieure de la couronne et de la racine; il est creusé au centre par un canal destiné à recevoir les vaisseaux et les nerfs qui servent à la nutrition de la dent. Sa structure anatomique est analogue à celle des os, dont il ne se distingue, sous le rapport de la composition chimique, que par une proportion plus considérable de matières terreuses. Berzélius a trouvé pour l'os dentaire la composition suivante :

	Homme.	Bœuf.
Cartilage et vaisseaux.....	28,0	31,00
Phosphate de chaux avec fluorure de calcium.....	64,3	63,15
Carbonate de chaux.....	5,3	1,38
Phosphate de magnésie	1,0	2,07
Soude avec un peu de chlorure de sodium.....	1,4	2,40
	100,0	100,00

La racine et cette partie de la dent qui est simplement recouverte par la gencive et qu'on appelle le *collet*, sont entourées par le *cement*, substance osseuse particulière dont la composition se rapproche beaucoup de celle des os proprement dits. D'après l'analyse de M. Lassaigne, le cément renferme :

Digitized by Google

Matière animale.....	42,18
Phosphate de chaux..	55,84
Carbonate de chaux..	3,98

M. Lassaigne a fait des recherches fort étendues sur la composition des dents des animaux. Voici les résultats qu'il a obtenus :

DENTS.	MATIÈRE ORGANIQUE.	PHOSPHATE DE CHAUX.	CARBONATE DE CHAUX.
D'un enfant d'un jour.	35	51	14
D'un enfant de six ans	28,37	60,01	11,40
D'un homme adulte	29	61	10
D'un vieillard de 81 ans. . . .	33	66	1
D'une momie d'Egypte	29	56,5	13,5
Dents de devant d'un lapin. . .	31,2	59,5	9,3
Molaires d'un lapin.	28,5	63,7	7,8
Molaires de sanglier	29,4	65	6,6
Défenses de sanglier	29,9	66	4,2
Défenses d'hippopotame. . . .	25,2	72	2,9
Molaires du cheval.	29,1	62	8,9
Dents de devant du cheval. . .	31,8	58,3	10
Dents de devant du bœuf . . .	28,6	64	8
Dents d'oryctérope.	27,3	65,9	6,8
Dents de gavial	30,2	61,6	8,1
Dents de couleuvre à collier . .	20	76.3	3,7
Crochets à venin de la vipère. .	21	73,8	5,2
Dents de carpe	35	49	16
Dents de requin..	29,5	52,6	18,0

Carapaces. La plupart des insectes sont recouverts par un test assez dur, qui est principalement formé par une substance à laquelle M. Odier a donné le nom de *chitine*. On rencontre également cette substance dans les élytres des coléoptères. Ces organes étant épuisés par une dissolution de potasse caustique, qui leur enlève de l'albumine, des matières extractives et une matière grasse colorée, il reste de la chitine qui forme le quart du poids

Digitized by Google

des élytres. Cette substance se dissout dans l'acide sulfurique étendu, et à chaud dans l'acide nitrique, en formant une solution incolore. Exposée à une forte chaleur, elle se charbonne sans fondre et sans fournir des produits ammoniacaux.

Hatchett a trouvé, dans le test des insectes une quantité considérable de phosphate et de carbonate de chaux, et 26 p. °/₀ de son poids d'une substance animale colorée en jaune clair et analogue au cartilage.

Le *test* des écrevisses renferme une matière colorante qui a la propriété de rougir par la cuisson. D'après MM. Macaire et Lassaigne, on peut l'isoler en épuisant le test d'écrevisse par l'alcool, et en évaporant la dissolution. Il reste une matière rouge d'apparence grasse, insoluble dans l'eau, et très-soluble dans l'alcool, dans l'éther et les huiles. La potasse caustique la dissout également, mais sans la saponifier. D'après une analyse de M. Goebel, cette graisse est composée de 68,18 de carbone, 9,24 d'hydrogène, et 21,58 d'oxygène.

M. Goebel a trouvé dans les pinces d'écrevisse :

Carbonate de chaux.....	68,56
Phosphate de chaux.....	14,06
Matière animale.....	17,38

D'après M. Chevreul, les tests des homards et des crabes sont formés de :

	Homards	Crabes
Matière animale.....	44,76	2[illegible],6
Sels sodiques.....	1,50	1,6
Carbonate de chaux..	47,26	62,8
Phosphate de chaux..	3,82	6,0
Phosphate de magnésie	1,26	1,0

Ecailles d'huître. D'après l'analyse de MM. Bucholz et Brandes, les écailles d'huître renferment :

Matière animale insoluble.....	0,5
Carbonate de chaux.....	98,6
Phosphate de chaux.....	1,2
Alumine (accidentelle).....	2,0

Les écailles d'huitre sont formées par du carbonate de chaux presque pur : aussi, peuvent-elles servir à la pré-

Digitized by Google

ration de la chaux caustique; seulement, il arrive quelquefois que cette chaux renferme, outre quelques traces de phosphate, un peu de sulfure de calcium, dont la formation est due au soufre des matières animales.

CHAPITRE XII.

CERVEAU.

VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, t. LXXI, p. 37, et *Bulletin de pharm.*, t. IV, p. 119.
COUERBE, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVI. p. 160.
FREMY, *Journal de pharm.*, t. XXVII, p. 453.

Le cerveau est le centre nerveux des animaux supérieurs. On le divise en cerveau et cervelet. Le cerveau occupe toute la partie antérieure et la partie postéro-supérieure du crâne; le cervelet en occupe la partie postéro-inférieure, et ne constitue guère, chez l'homme adulte, que la huitième partie du cerveau entier. La surface du cerveau est inégale et présente des mamelons qu'on a appelés circonvolutions. Quand on coupe un cerveau, on remarque que la substance dont il est composé n'est pas homogène, mais qu'elle est formée par des couches grises et des couches blanches, qu'on a désignées sous les noms de substance corticale et de substance médullaire.

Vauquelin publia, en 1812, une analyse du cerveau humain, qu'il trouva composé de :

Eau	80,00
Graisse blanche et cristalline (stéarine)	4,53
rougeâtre et onctueuse (élaïne)	0,70
Albumine	7,00
Extrait de viande	1,12
Phosphore	1,50
Acides, sels, soufre	5,15
	100,00

M. Lecanu est arrivé à des résultats qui se rapprochent

Digitized by Google

beaucoup des précédents; seulement, il a fait séparément l'analyse du cerveau entier, celle de la substance médullaire et celle de la substance corticale. Voici les principes qu'il a rencontrés dans le cerveau d'un fou :

	Cerveau entier.	Substance corticale.	Substance médullaire.
Eau	77,0	85,0	73,0
Albumine	9,6	7,5	9,9
Graisse incolore	7,2	1,0	13,9
rouge	3,1	3,7	0,9
Matières extractives... Lactates	2,0	1,4	1,0
Phosphate de chaux... Magnésie, oxyde de fer	1,1	1,2	1,3
	100,0	100,0	100,0

John avait déjà remarqué que les graisses dominaient dans la substance médullaire.

M. Chevreul a signalé, le premier, l'existence de la cholestérine dans le cerveau.

M. Couerbe, de son côté, a cherché à isoler quelques-unes des matières grasses que le cerveau renferme, et a admis dans cet organe l'existence des quatre corps suivants :

Stearoconote, graisse jaune pulvérulente.
Céphalote, graisse jaune élastique.
Éléencephol, huile jaune rougeâtre.
Cérébrote, matière blanche de Vauquelin.

4575. M. Frémy a repris le travail de M. Couerbe, en se servant de moyens de séparation plus convenables; il est arrivé à d'autres résultats qui semblent plus près de la vérité. Il a fait voir que les matières étudiées par M. Couerbe étaient des mélanges et non des matières pures.

La masse cérébrale, d'après M. Frémy, est formée par une matière albumineuse, mélangée de diverses matières de nature grasse; il trouve que le cerveau de l'homme contient :

Eau	88
Albumine	7
Matière grasse	5
	100

Digitized by Google

Pour en faire une analyse complète, on le découpe en tranches minces, on le traite à diverses reprises par l'alcool bouillant, en le laissant en contact avec ce liquide pendant quelques jours; ensuite, on l'exprime, on le pulvérise rapidement, et on l'épuise d'abord par de l'éther froid et ensuite par l'éther bouillant. La pulpe restante n'est que de l'albumine coagulée mélangée avec les téguments des vaisseaux, etc.

Les principes immédiats qu'on retire de cet dissolutions sont :

1° Un acide particulier, l'acide cérébrique.
2° De la cholestérine.
3° Un acide gras particulier, l'acide oléophosphorique.
4° Des traces d'oléine, de margarine et d'acides gras.

1376. *Acide cérébrique.* Pour obtenir ce corps, on reprend la masse provenant de l'évaporation de l'éther par une grande quantité d'éther; on précipite ainsi une substance blanche que l'on isole par décantation, et qui, exposée à l'air, ne tarde pas à se transformer en une masse cireuse et grasse. Ce précipité contient de l'acide cérébrique combiné à la soude, de l'acide oléophosphorique uni à la chaux ou à la soude, du phosphate de chaux et de l'albumine.

On le reprend par de l'alcool absolu bouillant et légèrement acidulé par l'acide sulfurique; les sulfates mélangés à de l'albumine restent en suspension; on les sépare par le filtre. Les acides cérébrique et oléophosphorique se déposent par le refroidissement. L'éther froid enlève l'acide oléophosphorique; on fait dissoudre l'acide cérébrique dans l'éther bouillant et on le fait cristalliser à différentes reprises.

L'acide ainsi obtenu est blanc, formant des grains cristallins. Il se dissout dans l'alcool bouillant; comme l'amidon, il possède la propriété remarquable de se gonfler dans l'eau, sans s'y dissoudre. Il ne fond qu'à une température très élevée, qui se rapproche beaucoup de celle à laquelle il se décompose. Il brûle en répandant une odeur caractéristique, et en laissant un charbon acide et difficile à incinérer; l'acide sulfurique le noircit, l'acide nitrique ne le décompose que très lentement.

M. R. D. Thomson a donné un autre procédé pour préparer cet acide : on sépare autant que possible les partie

Digitized by Google

membraneuses de la masse cérébrale; on la coupe en petits morceaux, et on la met en digestion à une douce chaleur, avec 20 fois son poids d'une lessive de potasse faible; par le repos, il s'y dépose un précipité blanc fort tenu; on enlève par décantation le liquide limpide et l'on verse de l'eau pure sur le dépôt; quand le liquide est clair on le décante et on porte le précipité à l'ébullition avec de l'acide tartrique. La surface du mélange se couvre d'une substance blanche qu'on enlève. Pour en retirer l'acide cérébrique, on la lave avec de l'eau bouillante, on la dessèche sur une brique poreuse, on épuise la masse desséchée avec de l'éther et on fait cristalliser le résidu dans l'alcool bouillant.

Cet acide contient :

	Frémy.	R. D. Thomson.
Carbone.....	66,7	67,04
Hydrogène.....	10,6	10,85
Azote.....	2,3	2,24
Phosphore.....	0,9	0,46
Oxygène.....	19,5	19,41
	100,0	100,00

L'acide cérébrique se combine avec les bases et forme avec elles des combinaisons insolubles ou très peu solubles.

C'est un acide très faible, qui se rapproche, d'après M. Frémy, des acides gras et des substances animales, qui ont la propriété de se combiner aux bases, comme l'albumine et la fibrine.

4577, *Acide oléophosphorique.* Nous avons vu que l'acide cérébrique est précipité lorsqu'on ajoute de l'éther au produit de l'évaporation des traitements éthérés du cerveau; il reste en dissolution dans l'éther une substance visqueuse qui contient l'acide oléophosphorique, uni souvent à de la soude. Pour le purifier, on traite le produit obtenu, par un acide; on reprend la masse par l'alcool bouillant; par le refroidissement, il s'y dépose de l'acide oléophosphorique impur, que l'on débarrasse d'oléine et de cholestérine par l'éther et l'alcool froids, dans lesquels il est moins soluble que ces principes. M. Frémy ne l'a pu obtenir parfaitement pur et exempt d'acide cérébrique, de cholestérine et d'oléine cérébrale (cérébroléine).

Digitized by Google

L'acide oléophosphorique est ordinairement coloré en jaune comme l'oléine; il est insoluble dans l'eau et se gonfle un peu dans l'eau bouillante. Il a une consistance visqueuse.

Mis en contact avec les bases, il s'y combine et constitue une matière qui possède toutes les propriétés de la masse que l'on retire du cerveau à l'aide de l'éther.

Il brule à l'air et laisse un charbon fort acide, imprégné d'acide phosphorique.

Par une ébullition longue avec de l'eau ou de l'alcool il se transforme en une huile identique à l'oléine (*cérébroléine*) et en acide phosphorique : cette décomposition est fortement accélérée par la présence d'un acide libre, et s'effectue sans l'intervention de l'air. Elle a lieu d'ailleurs dans les cerveaux qui commencent à se putréfier.

L'acide oléophosphorique contient environ 2 p. % de phosphore.

Les bases le transforment en acide oléique, acide phosphorique et glycérine.

M. Frémy a fait l'analyse de l'oléine du cerveau, et a trouvé des nombres semblables à ceux que M. Chevreul avait obtenus par l'analyse de l'oléine de la graisse humaine.

Il a en outre constaté dans le cerveau la présence de l'acide oléique et de l'acide margarique.

M. R.-D. Thomson a extrait du cerveau une substance cristallisée en beaux prismes aplatis, qui n'est pas de la cholestérine; il ne l'a pas obtenue pure : ses analyses lui ont donné :

Carbone. . . .	de 81,9 à 81,5
Hydrogène. . .	13,5 a 12,0
Oxygène. . . .	5,8 à 6,5

Ces nombres diffèrent notablement de ceux que fournit la cholestérine elle-même.

4578. D'après Vauquelin, la moelle épinière et la moelle allongée offrent la même composition que le cerveau; seulement, elles renferment plus de matière grasse et moins d'albumine, de matières extractives et d'eau.

On trouve par fois, mais rarement, des concrétions dans le cerveau; elles sont formées de phosphates terreux, de

Digitized by Google

cholestérine et de matières animales. John en a trouvé une qui renfermait 75 pour cent de phosphate de chaux et de magnésie, et 25 de matière animale. Celle qui a été analysée par M. Morin renfermait de la cholestérine, de l'albumine coagulée et des phosphates terreux.

Lassaigne a analysé une concrétion cérébrale du cheval qui renfermait :

Cholestérine.....	58,0
Albumine coagulée...	39,5
Tissu cellulaire.....	
Phosphate de chaux...	2,5
	100,0

D'après Vauquelin, les *nerfs* possèdent une composition analogue à celle du cerveau. Ils renferment, toutefois, un peu moins de graisse solide, et un peu plus de graisse liquide que cet organe. Ils se gonflent dans l'eau bouillante; par l'ébullition avec de l'alcool, on en sépare une graisse liquide qui se rassemble au fond du vase. Une dissolution de potasse caustique dissout l'albumine; la graisse est émulsionnée, et il ne reste que le névrilème.

Les *ganglions*, dont la structure est plus compacte que celle des nerfs, se contractent dans l'eau bouillante, et ce n'est que par une ébullition prolongée qu'on parvient à les ramollir. La potasse caustique les dissout peu à peu, à l'aide de l'ébullition.

CHAPITRE XIII.

MUSCLES.

BERZÉLIUS, *Chimie animale.*
D'ARCET, *Ann. de chim.*, t. XCII, p. 300.
THÉNARD, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVII, p. 388.
PROUST, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVIII, p. 170.
BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVIII, p. 390.
CHEVREUL, *Journal de pharm.*, t. XXI, 231.
SCHLOSSBERGER, *Vergleichen der chemische Untersuchungen des Fleisches verscheidener Thiere.* 1841.

4579, Les muscles constituent ce qu'on appelle ordinaire-

Digitized by Google

ment la chair des animaux, et forment la majeure partie de la masse du corps. Organes détachés, indépendants les uns des autres, ils sont ordinairement recouverts d'aponévroses et se terminent par des tendons qui les attachent aux os. Leur structure est assez complexe; car, outre les fibres musculaires qui en forment l'élément principal, on y rencontre du tissu cellulaire, du tissu adipeux, des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques et des nerfs.

Sous le point de vue chimique, la fibrine constitue la base principale du tissu musculaire. Mais, d'après ce que nous venons de dire de la composition anatomique de ce tissu, on comprendra sans peine qu'indépendamment de la fibrine, il doit renfermer encore les autres matériaux dont se composent les éléments anatomiques que nous venons d'énumérer. Car il est impossible au chimiste d'opérer sur la fibre musculaire isolée, et son analyse a dû nécessairement réunir et confondre tous les principes qui entrent dans la composition de la masse entière du muscle, et qui, en définitive, peuvent se résumer en substances solubles dans les différents véhicules, et en substances insolubles.

Quand on dessèche de la chair musculaire de bœuf, elle laisse un résidu sec qui peut s'élever environ à 23 pour 100; si on la lave préalablement à l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne se colore plus, le résidu ne s'élève guère qu'à 17 ou 18 pour 100, et se compose alors de fibrine et d'autres tissus insolubles.

Si on lave de la viande hachée avec de l'eau pure, jusqu'à ce que celle-ci ne se colore plus, il reste une masse blanche inodore et insipide, de laquelle l'alcool et l'éther enlèvent un peu de graisse, et qui, du reste, jouit des propriétés principales de la fibrine, obtenue par le battage du sang. Elle s'en distingue néanmoins par quelques caractères. Ainsi, elle ne reprend pas aussi facilement que la fibrine sa mollesse primitive, lorsqu'après l'avoir desséchée on l'humecte avec de l'eau. En outre, lorsqu'on la fait bouillir avec l'eau, une portion se dissout, tandis que l'autre se raccornit et reste insoluble; la liqueur filtrée se prend en gelée. Nous avons vu que la fibrine lavée ne possède pas cette propriété, et que la matière dissoute s'éloigne de la gélatine, par ses propriétés et par sa composition.

La viande hachée, traitée à froid par de l'acide acétique,

Digitized by Google

se dissout en partie en formant d'abord une gelée. La dissolution filtre difficilement et laisse un dépôt insoluble composé en grande partie des débris des divers vaisseaux que renferment les muscles.

La potasse caustique dissout, à une douce chaleur, la chair musculaire lavée ; il reste néanmoins quelques débris qui paraissent appartenir au tissu cellulaire, mais qui finissent par se dissoudre à une température plus élevée. Les acides précipitent cette dissolution, mais en partie seulement.

4580. M. Chevreul a fait, au sujet de l'extraction de la viande et de la composition du bouillon, des observations très-importantes ; il a fait bouillir 500 grammes de viande de boucherie privée, autant que possible, d'os, de tendons et de graisse ; la température a été portée très-lentement à l'ébullition, puis maintenue pendant cinq heures, en ayant soin de remplacer l'eau au fur et à mesure qu'elle s'évaporait.

La décoction, décantée et débarrassée de graisse, contenait :

Eau	988,370	
Matières organiques fixes séchées à 20° dans le vide	12,700	
Soude, potasse, acide sulfurique, acide phosphorique, chlore	2,900	
Phosphate de magnésie	0,250	
— de chaux	0,100	
Oxyde de fer		
	1004,509	

En faisant cuire la viande dans un appareil distillatoire, M. Chevreul a reconnu qu'il se volatilisait plusieurs substances, telles que l'ammoniaque, un produit sulfuré, un principe doué de l'odeur de la viande, un autre principe d'une odeur ambrée, et des traces d'un acide ayant de l'analogie avec l'acide acétique.

M. Chevreul a extrait du bouillon de viande une substance particulière, à laquelle il a donné le nom de *créatine*. Cette substance s'obtient en traitant par l'alcool l'extrait

Digitized by Google

aqueux de viande desséché dans le vide; elle cristallise, par la concentration de la dissolution, en prismes droits, rectangulaires; sa densité est de 1,35 à 1,84. Lorsqu'on la chauffe, elle pétille, perd de l'eau, fond sans se décolorer, puis se décompose en donnant des produits ammoniacaux. Cent parties d'eau à 16° dissolvent 1,204 de créatine; 100 parties d'alcool d'une densité de 0,81 n'en dissolvent guère que 0,05 à 15°. Les acides sulfurique, azotique et chlorhydrique, la dissolvent aussi.

La dissolution aqueuse de créatine n'est pas précipitée par le chlorure de baryum, l'oxalate d'ammoniaque, le nitrate d'argent, le sulfate de cuivre, le protosulfate de fer, le sous-acétate de plomb et le chlorure de platine.

4581. Quand on soumet de la viande hachée à une forte pression, il s'en écoule un liquide rougeâtre, acide au papier de tournesol, mais qui ne se coagule pas spontanément. Mais, si on prend de la viande encore chaude d'un animal récemment tué, et qu'on opère la pression et la division très-rapidement, le liquide obtenu se coagule à la façon du sang, et on retrouve une petite quantité de fibrine dans le coagulum. Pour obtenir la portion liquide de la viande, il faut épuiser celle-ci par de petites quantités d'eau. On obtient ainsi un liquide rouge légèrement acide, qui contient des sels, de l'albumine et des matières extractives. Son acidité est due à l'acide lactique, qui s'y trouve en partie à l'état libre.

D'après M. Berzélius, ce liquide se trouble à 50°, et laisse déposer entre 52° et 53° un coagulum qui se porte au fond, et dont la formation continue pendant quelque temps; le liquide surnageant possède la couleur du sang veineux. A 56°,5, la majeure partie du coagulum est formée, et se précipite à l'état incolore, même lorsqu'on a maintenu la liqueur pendant une demi-heure à cette température.

A 62° le coagulum est coloré en rouge, mais le liquide lui-même semble ne pas perdre l'intensité de sa couleur. Au-dessus de cette température, la matière colorante elle-même se coagule, mais il faut porter le liquide à l'ébullition pour obtenir un coagulum qu'on puisse aisément séparer par le filtre. Dans ce cas, le liquide filtré est presque incolore.

Digitized by Google

L'albumine qui se coagule ainsi à l'état incolore possède une réaction acide que les lavages ne lui enlèvent pas.

Il faut toujours prendre la précaution d'évaporer les dissolutions dans lesquelles on a précipité l'albumine si on veut la recueillir en entier.

Il est arrivé une fois à M. Berzélius de voir la portion liquide dont il avait séparé le coagulum, se recouvrir d'une pellicule lorsqu'il l'évaporait à une température de 85° environ ; cette pellicule se dissolvait à chaud dans l'acide acétique en donnant une dissolution laiteuse qui ne s'éclaircit pas au bout de deux mois ; elle était coagulée par l'acide chlorhydrique.

La substance trouvée dans ce cas par M. Berzélius possédait quelques propriétés du caséum ; j'ai moi-même rencontré parfois du caséum dans les matières extractives du sang.

4582. Il est facile de démontrer que l'acidité de la fibre musculaire est due à de l'acide lactique, ou du moins à un acide organique. Il suffit d'évaporer le liquide dont on a séparé les matières coagulées, et de le reprendre par de l'alcool à 0,833. La dissolution alcoolique évaporée laisse un résidu extractif, mélangé de cristaux de sel marin, et qui possède une réaction acide très-manifeste. Après l'incinération, ce résidu est alcalin, ce qui prouve que l'acide est combiné en partie avec des bases et qu'il est de nature organique. Pour isoler cet acide, on mélange la dissolution alcoolique avec une solution d'acide tartrique dans l'alcool, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité de tartrates acides alcalins et de tartrate de chaux ; il reste en dissolution dans l'alcool de l'acide chlorhydrique, de l'acide tartrique et un autre acide végétal. On fait digérer cette dissolution avec du carbonate de plomb pulvérisé, on filtre et on évapore. Le résidu est dissous dans l'eau, et la solution, débarrassée de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, est décolorée par le charbon animal ; elle fournit, après la filtration et l'évaporation, un extrait syrupeux qui possède toutes les propriétés de l'acide lactique. Il est mélangé seulement d'un peu de matière animale extractive.

Les sels qu'on rencontre dans la chair musculaire sont très nombreux ; ce sont ceux du sang et des autres produits de l'économie. On y rencontre des sels à base de potasse, de soude, de chaux, de magnésie et des traces de sels ammo-

Digitized by Google

minéraux. Ces bases sont combinées au chlore, aux acides phosphorique et lactique. On y rencontre très rarement des sulfates.

Les matières extractives de la chair musculaire n'ont pas encore fait le sujet d'une étude complète, à cause des difficultés qui se rattachent à leur examen; en effet, elles se rapprochent tant par tous leurs caractères, qu'on ne peut les isoler complétement ni par les véhicules dissolvants, ni à l'aide des réactifs avec lesquels elles forment des précipités insolubles.

Ce n'est pas seulement dans la viande qu'on trouve ces matières : elles se rencontrent dans le lait, le sang, la salive, même dans l'urine, et sont identiques par leurs propriétés chimiques, quelle que soit leur origine dans l'économie.

4583. Les matières extractives de la viande peuvent se diviser en trois groupes, suivant leur solubilité dans les différents véhicules.

Quand on reprend l'extrait aqueux de viande par de l'alcool absolu, celui-ci n'en dissout qu'une portion; l'alcool affaibli opère une nouvelle séparation, et le résidu de ces deux traitements ne se dissout que dans l'eau.

L'extrait alcoolique fait avec de l'alcool ordinaire de viande, contient plusieurs matières azotées, de la créatine et des lactates; c'est à cet extrait que M. Thénard, et après lui beaucoup d'autres chimistes, ont donné le nom d'*osmazôme*. On a même étendu ce nom aux matières azotées extractives, qui se rencontrent non-seulement dans les animaux, mais même dans les plantes.

Matières extractives solubles dans l'alcool absolu. Quand on évapore la dissolution des matières extractives solubles dans l'alcool absolu, il reste une masse sirupeuse, qui ne se dessèche pas. Elle possède une saveur particulière, à la fois aigre et salée, et son odeur rappelle celle du pain grillé; mais, pour peu qu'elle soit vieille, elle acquiert une odeur urineuse. Chauffée en vases clos, elle bout en se décomposant et en dégageant une odeur d'urine si caractéristique, qu'on serait tenté de lui attribuer une origine tout à fait différente; à la fin, elle se charbonne.

Elle se dissout dans l'eau, en la colorant en jaune; le précipité que cette dissolution fournit avec le bichlorure de mercure et l'infusion de noix de galle est peu consid-

Digitized by Google

rable, eu égard à la quantité de matière dissoute. Il en est de même pour le nitrate d'argent et l'acétate de plomb. Le sous-acétate de plomb la précipite abondamment. L'acide oxalique en précipite la chaux. L'acide nitrique n'y occasionne pas de précipité de nitrate d'urée, même après plusieurs jours; au bout d'une semaine, il y apparaît des cristaux de nitre.

Cet extrait alcoolique contient, outre les lactates, au moins deux matières azotées extractives, dont l'une est précipitée par le bichlorure de mercure, et l'autre par le sous-acétate de plomb. On peut les séparer en traitant les deux précipités par l'hydrogène sulfuré et en reprenant par l'eau.

Matières extractives solubles dans l'alcool aqueux. L'extrait alcoolique insoluble dans l'alcool absolu constitue une masse opaque, visqueuse, d'un jaune foncé. Ce résidu ne se dissout pas entièrement dans l'alcool à 0,833, qui le sépare en deux portions. Il dissout une matière extractive jaune, mélangée d'un sel qui ne se détruit pas par l'incinération. Cet extrait, chauffé jusqu'à ce qu'il commence à brunir, dégage une odeur de viande rôtie, et peut alors se séparer en grande partie du sel qui était mélangé avec lui, au moyen du charbon animal. La dissolution de cette matière est d'ailleurs légèrement troublée par l'infusion de noix de galle et le bichlorure de mercure; mais elle n'est précipitée ni par l'acétate neutre de plomb, ni par le protochlorure d'étain.

Matières extractives solubles dans l'eau seulement. Ce que l'alcool de 0,833 ne dissout pas, constitue une masse brune opaque, d'une saveur agréable de bouillon ou de viande. Cette masse possède une réaction alcaline et renferme de l'acide lactique à un état particulier, dans lequel il ne se dissout que peu ou pas du tout dans l'alcool. Elle contient en outre des matières extractives que M. Berzelius a cherché à séparer les unes des autres, et parmi lesquelles on remarque une substance particulière qui a reçu le nom de *zomidine*.

Pour se procurer cette matière, on dissout dans l'eau le résidu du traitement par l'alcool, et on verse dans la liqueur de l'ammoniaque et de l'acétate de baryte. Il se précipite du phosphate de baryte accompagné d'une matière animale. On filtre et on neutralise parfaitement la

dissolution au moyen de l'acide acétique, puis on la précipite par de l'acétate neutre de plomb, en prenant la précaution de neutraliser par de l'ammoniaque l'acide acétique qui devient libre. On lave le précipité, on le délaye dans l'eau, et on le décompose par de l'hydogène sulfuré. On laisse reposer pendant longtemps pour que le sulfure de plomb puisse se déposer, puis on filtre. La dissolution est brune et ne se décolore pas par le charbon animal. Elle contient encore un peu d'acide lactique et d'acide chlorhydrique, qu'on lui enlève en évaporant la dissolution et traitant par l'alcool, qui ne dissout pas la matière extractive.

Elle possède les propriétés extérieures d'un extrait brun qui durcit par la dessiccation et ne change pas à l'air. Elle a une saveur forte et agréable de viande, qui ressemble complétement à celle de la matière que la fibrine cède à l'eau bouillante. Chauffée à feu nu, elle se gonfle et émet une odeur animale. Elle se dissout dans l'eau en toutes proportions; elle en est précipitée par l'alcool. L'alcool à 0,833 en dissout cependant assez pour prendre une couleur jaune.

L'acétate de plomb, le nitrate d'argent, le chlorure de zinc la précipitent de sa dissolution aqueuse. Le précipité formé par l'acétate de plomb est un peu soluble dans l'eau; celui qu'on obtient par le sous-acétate est tout à fait insoluble dans ce véhicule.

Le sublimé corrosif et l'infusion de noix de galle ne la précipitent pas quand elle est pure.

La liqueur filtrée qu'on obtient dans la préparation de la zomidine au moyen de l'acétate de plomb, précipite en blanc par le sous-acétate de la même base; le précipité lavé, décomposé par l'hydrogène sulfuré, cède à l'eau une matière incolore qui possède l'aspect et la saveur de la gomme, et n'exhale pas d'odeur animale quand on la brûle.

Enfin, la liqueur, séparée de ce dernier précipité et décomposée par l'hydrogène sulfuré, renferme en solution une substance incolore mélangée d'acétates, et qui jaunit pendant l'évaporation.

On le voit, les matières extractives de la viande que M. Berzélius a mis tant de soin à séparer les unes des autres et à caractériser, sont nombreuses, et cependant, il

Digitized by Google

faut le dire, aucune d'elles ne possède les caractères d'une substance bien définie. Rien ne prouve, en effet, que les principes qu'il regarde comme purs, ne soient des mélanges de plusieurs matières.

4584. En terminant cet article, nous citerons quelques analyses de chair musculaire

	Berzélius. Bœuf.	Braconnot. Cœur de bœuf.	Schlossberger. Bœuf.	Schultz. Bœuf.
Eau.....	77,17	77,03	77,50	77,50
Fibrine, tissu cellulaire nerfs, vaisseaux....	17,70	18,18	17,50	15,00
Albumine et matière colorante du sang....	2,20	2,70	2,20	4,30
Extrait alcoolique et sels	1,80	1,94	1,50	1,32
Extrait aqueux et sels..	1,05	1,15	1,30	1,80
Phosphate de chaux albumineux.....	0,08	—	traces	—
Graisse et perte.....	—	—	—	0,08

M. Schlossberger a examiné la chair musculaire des poissons, et l'a trouvée moins riche en matériaux solides. Voici les résultats obtenus :

	Carpe.	Truite.
Eau.....	80,0	80,5
Fibrine, etc.....	12,0	11,1
Albumine, etc.....	5,2	4,4
Extrait alcoolique et sels.....	1,0	1,6
— aqueux et sels.....	1,7	0,2
Phosphate de chaux albumineux.	—	2,2

CHAPITRE XIV.

PUS.

Donné, *Archives génér. de méd.*, t. XI, p. 1143.
Mandl, *Comptes rendus*, 1837. *L'Expérience, journal de de méd. et de chirurg.*, 1838, p. 241. *Anatomie microscopique*, 2e série.
Gueterbock, *L'Expérience, journal, etc.*, 1837, p. 385.
Valentin, *Repertorium*, 1837, p. 307.

4585. Le pus est un liquide jaunâtre plus ou moins vis-

Digitized by Google

queux, d'une odeur fade particulière, d'une saveur douce, et qui est sécrété par la surface d'une plaie ou par un organe enflammé. Celui qui se forme à la surface de certains ulcères ou de plaies compliquées de nécrose ou de pourriture d'hôpital, est plus fluide et exhale une odeur fétide repoussante; c'est le pus de mauvaise nature.

Le pus de bonne nature ou le pus louable, est médiocrement visqueux. Sa densité est de 1,03, d'après M. Gueterbock. Il est ordinairement neutre au papier de tournesol, quand il a été préservé du contact de l'air. Celui qui est sécrété par la surface d'une plaie dont la marche est régulière, peut aussi présenter cet état neutre; cependant, il n'est pas rare de le trouver acide. Le pus des fleurs blanches rougit le tournesol. Souvent le pus est alcalin; quand il est de mauvaise nature, il présente ordinairement ce caractère, qui est dû, dans ce cas, à la présence d'un peu d'ammoniaque. M. Donné a constaté que le pus blennorrhagique est ordinairement alcalin chez l'homme. M. Gueterbock a fait une observation semblable sur le pus examiné à la surface de beaucoup d'ulcères et de plaies, et il a reconnu que souvent cette alcalinité disparaît pour faire place à une réaction acide. Il attribue ce changement à la formation d'un peu d'acide acétique ou lactique.

Le pus se mélange à l'eau sans s'y dissoudre, mais forme avec elle une véritable émulsion, bien différent en cela du mucus, qui ne s'y délaye jamais.

Il ne filtre que très-difficilement, car la matière qui s'y trouve en suspension ne tarde pas à boucher les pores du papier. Le liquide filtré se coagule par la chaleur, preuve évidente qu'il renferme de l'albumine. La proportion de ce principe n'est cependant pas très-considérable, car le coagulum n'est jamais bien compacte. Il paraît, d'ailleurs, que l'albumine du pus partage, avec celle du sérum du sang, la propriété de ne pas se coaguler par l'éther.

4586. Le pus filtré précipite par l'acide acétique. Selon M. Gueterbock, il doit cette propriété à un principe analogue à la caséine, auquel ce physiologiste a donné le nom de *puine*.

Pour isoler cette substance et pour faire l'analyse complète du pus, M. Gueterbock a opéré de la manière suivante : il a fait chauffer du pus avec de l'alcool rectifié, et a filtré la liqueur encore chaude. Par le refroidissement,

Digitized by Google

il s'est formé un dépôt d'une matière fluide, fusible à 60° environ, qui tachait le papier et brûlait avec une flamme jaune, en dégageant de l'ammoniaque. D'après ces caractères, M. Gueterbock n'hésite pas à regarder cette substance comme un corps gras, quoique d'une part il n'ait pas réussi à la saponifier, et que de l'autre la présence de l'azote dans cette matière paraisse indiquer que c'est un corps d'une nature différente, ou qu'elle renferme, à l'état de mélange, un principe azoté. Quoi qu'il en soit, M. Gueterbock affirme qu'elle ne renferme pas de cholestérine.

La solution alcoolique, séparée de cette matière, a été évaporée et traitée par l'eau. Ce liquide s'est emparé d'une matière extractive (osmazôme?) dont les cendres étaient alcalines et qui renfermait probablement du lactate de soude. Le résidu était formé par une matière d'apparence grasse, analogue à la précédente, et comme elle non saponifiable.

La partie insoluble dans l'alcool a été reprise par l'eau qui a laissé un résidu formé d'albumine coagulée et de globules de pus. La solution aqueuse renfermait, outre un peu d'albumine facile à coaguler par la chaleur et à séparer par le filtre, la pyine dont il a été question plus haut. Voici les principaux caractères que M. Gueterbock assigne à cette substance. Elle est insoluble dans l'alcool concentré et soluble dans l'eau. Cette solution précipite par l'acide acétique et par l'alun; un excès de ces réactifs ne dissout pas le précipité. Le prussiate jaune de potasse ne le précipite pas; par l'addition d'une goutte d'acide chlorhydrique dans la liqueur, il se forme un précipité qui disparaît dans le plus léger excès d'acide. La solution de pyine, acidulée par l'acide chlorhydrique, ne précipite pas par le prussiate de potasse. La caséine, avec laquelle la pyine a d'ailleurs tant d'analogie, se comporte d'une manière toute différente avec ce réactif. Il est également impossible de confondre la chondrine avec la pyine; car la première de ces substances fournit de la gélatine par l'ébullition, et donne avec la dissolution d'alun un précipité soluble dans un excès de réactif, caractères qui n'appartiennent pas à la pyine.

Malgré la connaissance de ces propriétés, l'histoire chimique de la pyine laisse encore beaucoup à désirer, et rien n'autorise jusqu'à présent à la placer au nombre des substances bien caractérisées.

Digitized by Google

4387. On rencontre dans le pus les sels que renferment tous les liquides de l'économie. M. Gueterbock les a déterminés par l'incinération.

Voici les résultats de l'analyse qu'il a faite sur le pus :

Eau	86,1
Graisse soluble dans l'alcool chaud.	1,6
Graisse soluble dans l'alcool froid et matière extractive	1,3
Albumine, pyine, globules	7,4
Perte	0,6
	100,0

Le même pus a laissé, après l'incinération, 7 p. 100 de sels solubles, formés principalement par du chlorure de sodium, et 1 p. 100 de phosphates et de carbonates terreux avec quelques traces de fer,

Les résultats obtenus par M. Valentin diffèrent des précédents. Ce physiologiste croit avoir trouvé dans le pus de la cholestérine, de la stéarine et de l'oléine : résultats douteux, s'il faut en juger d'après les expériences de M. Gueterbock.

Le pus renferme-t-il de la fibrine? Quelques observateurs, et en particulier MM. Valentin et Mandl, ont résolu cette question par l'affirmative, et pensent que les globules et les granulations que l'on trouve dans le pus contiennent réellement de la fibrine. Cependant, cette opinion ne se fonde sur aucune donnée chimique bien positive.

L'ammoniaque, mélangée au pus, donne lieu à une réaction caractéristique signalée d'abord par M. Donné. Le mélange perd sa fluidité et prend l'apparence d'une gelée jaunâtre plus ou moins transparente et qui se laisse tirer en filaments. Cette réaction peut servir à distinguer le pus de quelques autres liquides, et notamment du mucus; elle est due au gonflement des globules qui nagent dans le pus, et dont il est facile de constater la présence à l'aide du microscope.

En effet, observé sous un grossissement convenable, le pus se présente sous la forme d'un liquide séreux dans lequel nagent des globules de forme et de grandeur différentes. Les plus nombreux sont deux fois plus volumineux que ceux du sang; ils sont plus pâles et plus transparents que ces derniers, et leur forme est moins régulière. Tantôt

Digitized by Google

ils sont assez bien arrondis et lisses; tantôt leur surface est chagrinée, rugueuse, muriforme, ou offre des contours angulaires d'une grande irrégularité.

D'après M. Gueterbock, ils se composent d'une enveloppe de matière albumineuse, soluble dans l'acide acétique et précipitable par le prussiate de potasse, et d'un noyau formé par des granules insolubles dans les acides.

4588. Plus récemment, M. Bourguignon a fait, sur la constitution de ces globules, une observation bien curieuse et bien importante si elle devait se confirmer. En délayant le pus dans un peu d'eau et en observant un globule intact, il a remarqué que les granules ou corpuscules contenus dans ce globule, sont animés d'un mouvement rapide; on dirait que la vésicule était peuplée par une foule d'animalcules; si la membrane externe vient à se crever, ces animalcules s'échappent en conservant leur mouvement. L'acide acétique arrête à l'instant même ce phénomène.

Ajoutons à cela que Borelli, et après lui M. Donné, ont constaté la présence de vibrions dans du pus provenant de chancres, et que d'autres observateurs ont trouvé d'autres infusoires, comme des monades ou des vorticelles, dans du pus de mauvaise nature; résultats secondaires qu'il ne faut confondre avec les précédents.

Le pus fétide ne diffère pas sensiblement du pus louable, quant à l'aspect des globules. La décomposition putride ne paraît s'exercer que sur les matières dissoutes dans le sérum. Outre la formation de l'ammoniaque, elle donne lieu à la production d'une quantité très-appréciable d'hydrogène sulfuré provenant du soufre des matières albumineuses. Comme on le voit, il est facile de se rendre compte de la présence de l'hydrosulfate d'ammoniaque dans le pus de mauvaise nature, et de s'expliquer ainsi la teinte noire que prend la surface de certaines plaies, ou qu'on remarque sur les pièces d'appareil, quand on s'est servi d'eau de Goulard pour le pansement.

Digitized by Google

CHAPITRE XV.

FABRICATION DES ENGRAIS, DES AMENDEMENTS ET DES STIMULANTS.

4589. Dans l'acception la plus large de ce mot, on désigne sous le nom d'engrais, toutes les substances solides ou liquides et même gazeuses, qui peuvent servir d'aliments aux plantes. Considérés de ce point de vue général, l'on peut dire que les engrais sont très variés. En effet, toute substance contenant un ou plusieurs des éléments qui constituent les végétaux, et qui est susceptible de leur être assimilée dans l'acte de la végétation, en totalité ou en partie, peut être considerée comme un engrais. Tôt ou tard, les plantes rapprochées de cette matière pourront s'assimiler quelques-uns de ses éléments, c'est-à-dire, l'hydrogène, l'oxygène, le carbone ou l'azote, l'eau de combinaison, ou même différents sels calcaires, terreux ou métalliques, qui entrent dans la composition de presque toutes les plantes.

Un amendement, au contraire, est une substance qui a pour but d'améliorer la constitution physique du sol, de le rendre perméable, s'il est trop compacte; de lui donner du corps, s'il est trop léger, trop sableux; enfin, de changer en partie sa nature, s'il est composé de substances qui puissent nuire à la végétation: on comprend qu'il existe une foule de matières capables de jouer en même temps le rôle d'amendement et celui d'engrais.

Enfin, on donne le nom de stimulants aux substances solides ou liquides qui excitent la végétation, soit en donnant plus d'action aux engrais, soit en stimulant les organes des végétaux à s'emparer des élémients qui les constituent. Quelquefois, les stimulants s'assimilent en tout ou en partie aux plantes; mais, leur premier rôle est de rendre les engrais plus actifs, et spécialement les engrais azotés. Dans une terre qui serait complétement privée de ces derniers, les stimulants n'auraient aucune action sur la végétation; ils appauvriraient le sol, si on n'avait soin de réparer ses forces par de nouveaux engrais azotés. Le sulfate de

Digitized by Google

chaux, la chaux, le sel marin, employés à doses convenables, sont des stimulants énergiques.

4590. Toute substance qui peut fournir un des éléments qui entrent dans la composition des végétaux, peut être considérée, à la rigueur, comme un engrais; mais toute matière qui peut donner à la plante l'azote nécessaire à la végétation, les phosphates terreux ou alcalins, les alcalis eux-mêmes, ou les sels que le sol ne saurait leur fournir, mérite plus spécialement ce nom dans la pratique. En effet, les matières qui peuvent fournir le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, se trouvent en abondance dans la nature, et une suprême intelligence les administre en proportions convenables, au moyen de l'air ou de l'eau. Ce qui manque à l'agriculteur, ce qu'il est obligé souvent d'acheter à un prix très-élevé, ce sont les substances azotées qui seules peuvent donner de belles moissons. Depuis que cette grande vérité est reconnue, depuis que la chimie moderne a mis au jour le rôle important de l'azote, on voit de véritables fabriques d'engrais s'élever et prospérer, et l'agriculture utilise des matières premières, des détritus, des immondices, qui, naguère, étaient entièrement perdus, et qui créaient même des causes d'insalubrité pour les villes.

Nous diviserons les engrais azotés en deux classes : dans l'une, nous rangerons tous les engrais qui sont employés tels que la nature ou les circonstances sociales nous les offrent; dans l'autre, au contraire, nous placerons les engrais azotés qui subissent une certaine préparation, avant d'être employés; en un mot, les engrais qui peuvent donner lieu à l'établissement de véritables fabriques.

4591. Toute substance azotée liquide ou solide, qui est employée directement et sans préparation, soit qu'elle provienne du règne animal, du règne végétal, ou du règne minéral, constitue un engrais naturel.

Parmi les engrais animaux, on remarque tous les débris des animaux, tels que le sang liquide, la chair musculaire, les détritus à l'état frais. Toutes ces substances à l'état brut, doivent être employées immédiatement; sans cela, elles se putréfieraient rapidement, et développeraient une odeur infecte; elles ne peuvent donc être utilisées qu'aux environs des grandes villes, où elles se trouvent en abondance. Nous verrons, en étudiant les engrais préparés, comment on parvient à les conserver indéfiniment,

Digitized by Google

et à les amener sous une forme qui permet de les transporter au loin, et qui rend leur action plus régulière et plus constante.

Les végétaux herbacés enfouis dans le sol, présentent un des engrais naturels les plus employés, surtout dans les pays chauds, où tout en fournissant de l'azote, ils entretiennent une humidité très-favorable à la végétation.

Sans préconiser cette pratique, nous rappellerons que dans le midi de la France, et en Italie, on cultive plusieurs plantes, entre autres les lupins, les fèves et même le maïs, pour les ensevelir à l'état vert et avant la fructification. Pour les terrains froids et humides, il est plus convenable d'employer ces plantes à l'état sec. Dans ce cas, on fait usage avec avantage des tiges de maïs ou de seigle, des foins avariés, etc. Les feuilles d'arbres peuvent être employées; elles contiennent, comme de nombreuses analyses l'ont prouvé, beaucoup plus d'azote que les autres parties des arbres. Il est une foule de localités, dans les environs des forêts, où l'on pourrait se procurer cet engrais à peu de frais.

Les végétaux herbacés ne sont pas les seuls qu'on utilise comme engrais. Quelquefois, on fait servir au même usage des arbustes, et même des arbrisseaux; les genêts, les ajoncs, les bruyères, sont dans ce cas. Quand on veut les employer à l'état naturel, on enfouit les rameaux pendant le labour, On les applique de la sorte, pour rendre aux vignes leur fécondité sans nuire à la qualité de leurs produits. En pareil cas, entre chaque rang de ceps, on creuse une rigole de 2 à 3 décimètres de large, et après l'avoir remplie de branchages, on les recouvre au moyen de la terre enlevée de la rigole suivante. Ces matériaux se décomposant très-lentement, font sentir leurs effets pendant un grand nombre d'années. Outre les produits organiques qu'ils peuvent fournir au sol, il faut tenir grand compte des sels de tout genre qu'ils lui restituent.

On en obtient des résultats beaucoup plus prompts en les faisant macérer d'avance, comme on le pratique pour les engrais préparés; mais ce que l'on gagne en promptitude dans les effets, on le perd en ce que l'action de cet engrais est moins durable.

Les graines et les fruits des plantes et des arbres sont souvent employés comme engrais. En Italie, on fait usage avec un grand succès de la graine de lupin pour fumer les

Digitized by Google

orangers et les oliviers; on doit avoir soin, avant leur emploi, de détruire leur faculté germinative par une torréfaction dans des fours. Les graines de lupin renferment jusqu'à 4 pour 0/0 d'azote; leur action se comprend donc facilement, ainsi que celle de toutes les autres graines que l'on pourrait employer dans de semblables circonstances, puisqu'il est bien reconnu que c'est la partie des végétaux la plus riche en azote.

Par la même raison, les marcs de fruits, de drèche, de graines ou de fruits oléagineux appelés tourteaux, le marc des olives, etc., etc, doivent produire des effets analogues et souvent même beaucoup plus énergiques, puisqu'en perdant une grande partie de leur poids, ils ont néanmoins conservé la presque totalité des matières azotées et albumineuses qui en font la richesse comme engrais. En effet, les tourteaux de lin, de colza, d'arachis hypogea, de madia sativa, etc., etc., renferment de 5 à 8 pour 0/0 d'azote, quantité énorme et qui les rapproche des matières animales sèches.

Enfin, parmi les engrais naturels provenant du règne végétal, on doit encore ranger les plantes aquatiques venues dans l'eau douce ou dans la mer. Les herbes que l'on arrache vertes des marais peuvent être utilisées dans cet état à la fertilisation du sol: il suffit alors de les enfouir en terre lors du labour. Quelquefois, on ne les emploie qu'après leur avoir fait subir un commencement de fermentation. La tourbe qui provient de la décomposition de ces plantes sous l'eau ne peut jamais être employée sans une précaution préalable, car la réaction acide qu'elle présente est très-nuisible à la végétation. On la rend propre à l'agriculture en saturant les acides libres par de la chaux, ou bien encore en provoquant une fermentation qui détruit ces acides ou qui les sature par la formation de l'ammoniaque. Dans quelques localités, on se contente de brûler la tourbe et de répandre les cendres sur la surface des champs; mais, on comprend que l'on détruit par ce procédé la partie fertilisante, c'est-à-dire, l'ammoniaque ou les matières azotées de la tourbe; toutefois, il reste un stimulant assez énergique constitué par les sels contenus dans ces cendres.

Les plantes marines, telles que les fucus, les algues, les conferves, sont très-recherchées partout où l'on peut se

Digitized by Google

les produire sans trop de frais ; elles contiennent, outre une certaine quantité d'azote, un peu de sel marin qui stimule, sans nul doute, leurs propriétés fécondantes. En Normandie et en Bretagne, on en fait usage depuis un temps immémorial ; tantôt, on les enterre immédiatement, au sortir de la mer, dans le champ que l'on veut fertiliser, tantôt, elles sont utilisées comme litières ; quelquefois ; enfin, on mêle leurs débris aux autres fumiers, ou bien on les stratifie avec de la terre pour les réduire en terreau. Ce dernier procédé leur fait évidemment perdre une partie de leurs propriétés, car la fermentation qui s'établit dans la masse dégage toujours des gaz azotés ; et d'ailleurs ces plantes marines se décomposent assez rapidement en terre pour que l'on puisse s'abstenir de cette désagrégation préalable, au moins dans la généralité des cas.

En France, l'emploi des varecs ou fucus donne lieu à une si grande exploitation sur les bords de la mer, qu'une ordonnance royale a fixé l'époque de leur récolte entre la pleine lune de mars et celle d'avril. A cette époque, ils ont déjà répandu leurs granules reproducteurs, et en outre leurs rameaux ne sont point encore couverts du frai des poissons.

1099. Le règne minéral fournit aussi à l'agriculteur quelques substances qui peuvent être considérées comme des engrais naturels, et qui, par conséquent, contiennent une certaine proportion d'azote ; mais, en général elles possèdent, en outre, à un plus haut degré, des propriétés stimulantes et amendantes.

Les cendres pyriteuses noires ou rouges, dites de Picardie, employées en quantités considérables par les cultivateurs des départements du Nord, peuvent être considérées, par exemple, comme un engrais stimulant assez énergique.

Ces cendres, qui servent aussi à la fabrication de la couperose et du sulfate d'alumine, se trouvent dans un grand nombre de localités sous la forme d'une poudre noire dans laquelle on rencontre souvent des coquillages, des débris de végétaux, des bois bitumineux plus ou moins décomposés. Mises en tas, elles s'échauffent peu à peu, s'enflamment même, et subissent une combustion lente. Au bout de quinze jours ou un mois de combustion, les cendres ont changé en partie de nature et de couleur ; de noires

Digitized by Google

qu'elles étaient, elles sont devenues rouges : le fer est passé à l'état de peroxide.

D'après MM. Girardin et Bibard de Rouen, il existe dans les environs de Forges-les-Eaux, à la surface du sol, des couches plus ou moins épaisses de lignite noir alumineux et pyriteux, que l'on exploite déjà depuis longtemps pour la fabrication de la couperose. Ces terres pyriteuses, après avoir été lessivées, sont ordinairement mélangées avec un quart de leur poids de cendres de tourbe, et employées dans la plus grande partie du pays de Bray comme un engrais stimulant très-puissant; elles sont tout à fait analogues aux cendres noires de Picardie.

Voici, d'après MM. Girardin et Bidard, la composition de ces cendres :

100 parties de cendres lessivées contiennent 24 parties d'eau;

100 parties de cendres desséchées contiennent :

Matières solubles dans l'eau, 4,53.	Matière organique, ou humus soluble	2,74
	Sulfate de protoxide de fer *Id.* de peroxide	1,79
Matières insolubles dans l'eau, 95,47.	Sable fin	38,93
	Humus insoluble	49,83
	Sulfure de fer. Peroxide de fer	6,72
		100,00

L'azote de ces cendres s'élevait à 2,72 pour 100, quantité qui paraît être très-considérable. MM. Boussingault et Payen n'ont trouvé, en effet, dans les cendres de Picardie que 0,65 pour 100 d'azote.

En définitive, les cendres noires, dites de Picardie, agissent donc probablement comme engrais, à la faveur de la forte proportion d'humus qu'elles renferment quelquefois, comme l'analyse ci-dessus le prouve, et comme stimulant, grâces à la présence des sels, et des sels de fer en particulier. Une autre action qui peut encore avoir quelque influence sur la rapidité de la végétation, c'est la chaleur entretenue dans le sol par la combustion lente du sulfure de fer.

4593. Certains engrais mixtes, employés sans préparation, constituent tous les détritus des grandes villes et les excrétions de quelques animaux.

Digitized by Google

Les matières fécales, l'urine pure ou étendue d'eau sont souvent employées sans aucune préparation, et dans ce cas on se contente de les répandre sur les terres que l'on veut fertiliser. Ce procédé permet de tirer un assez bon parti de ces matières, mais il présente plusieurs graves inconvénients. En effet, les frais de transport étant considérables, on ne peut l'employer qu'aux environs des villes ou du moins à peu de distance des habitations qui produisent ces matières; et, comme les grands centres de populations en fournissent toujours plus qu'il n'en faut pour les campagnes des environs, on en perdrait une grande partie, si on voulait les employer à l'état naturel. A cet état, elles ont du reste un grave inconvénient, celui de communiquer aux plantes une saveur qui rappelle trop l'origine de l'engrais. Une autre considération que l'on ne doit pas dédaigner, tient à l'odeur pénible que répandent ces matières, soit pendant leur transport, soit au moment où on les répand dans les campagnes. L'air en est infecté, circonstance qui ne se retrouve pas dans les engrais fabriqués avec ces matières par les procédés que l'on a mis en usage pour obvier à ces divers inconvénients.

Les excréments humains constituent un des meilleurs engrais. On les emploie, à l'état frais, sous forme de *gadoue*, ou à l'état de *poudrette*, que l'on obtient par la dessiccation des excréments mous.

Dans beaucoup de localités, comme en Chine, en Toscane, en Hollande, en Belgique et en Alsace, on les emploie à l'état frais. Quelquefois, on les délaye dans l'eau ou dans l'urine pour en arroser les champs. En Chine, on les pétrit avec de l'argile, et on réduit en poudre ce mélange desséché.

En Flandre, où l'on applique cet engrais à la culture du lin, du colza, de l'œillette et du tabac, les fermiers ont coutume de réunir les matières fécales dans de grandes citernes creusées à proximité des champs. Là, elles séjournent pendant quelques mois, et subissent une fermentation qui les rend plutôt visqueuses que liquides. Dans cet état, elles constituent l'*engrais flamand* ou la *courte-graisse*. Souvent, on ajoute aux matières renfermées dans les citernes des tourteaux de graine réduits en poudre. Les substances azotées que renferment ces résidus ne tardent pas à se décomposer elles-mêmes, et contribuent ainsi à l'efficacité de

Digitized by Google

l'engrais. L'addition de ces matières solides a encore un autre but. En diminuant la fluidité des vidanges, et en s'imprégnant fortement de toutes les parties liquides, elles empêchent celles-ci de se répandre trop facilement, et prolongent l'action utile de l'engrais. Du reste, cette action ne s'étend jamais au delà d'une année.

Un hectolitre d'engrais flamand équivaut à environ 250 kilogrammes de fumier de cheval.

Que les pays moins avancés prennent leurs exemples sur la Belgique et la Flandre, où l'agriculture a reçu de si grands développements, et où l'on se garde bien de perdre des matières si précieuses à la richesse des terres cultivées. Renfermées ainsi en terre et à l'abri de l'air, ces matières sont moins exposées aux changements brusques de température; elles fermentent moins et par conséquent peuvent se conserver assez longtemps sans perdre de leurs qualités.

Lorsqu'on veut faire usage de l'engrais liquide, on le tire par portions de la citerne; on l'étend de cinq ou six fois son poids d'eau, afin que son action ne soit pas trop énergique et ne brûle pas les plantes; puis, on le répand sur les champs lorsqu'ils viennent d'être ensemencés, ou sur les prairies lorsqu'elles ont été fauchées récemment. Quelquefois, on répand une cuillerée de cet *engrais flamand* non étendu d'eau, au pied de chaque plante, lorsque la nature de celle-ci permet de le faire, sans trop de main-d'œuvre; mais on a soin, dans ce cas, de ne pas toucher les tiges qui seraient altérées.

Aux environs de Lille, un tonneau de 125 litres d'engrais flamand revient à 1 fr. 29 c., savoir : 0f,30 d'achat, 0,30 de transport et 0,60 de main-d'œuvre pour le répandre.

4594. Les excréments des oiseaux forment un engrais beaucoup plus riche en azote et par conséquent bien plus puissant que l'engrais flamand; ils contiennent, en effet, jusqu'à 8 et même 9 pour 100 d'azote. C'est, sans contredit, le plus riche des engrais mixtes, comme il en est aussi un des plus chauds et des plus altérables. Dans les départements du Nord, où il est très-apprécié, on fait surtout usage de la fiente des pigeons qu'on paie jusqu'à 100 fr. la voiture, pouvant féconder quatre-vingts ares. Ce riche engrais est surtout employé dans les cultures industrielles, notamment celle du lin, du tabac et des colzas.

Digitized by Google

Il suffit de jeter les yeux sur les analyses de guano, que nous avons déjà citées, pour se convaincre combien les excréments des oiseaux sont riches en matériaux utiles à la végétation. Ils renferment, en effet, outre quelques plumes et autres débris mélangés accidentellement, de l'acide urique, de l'ammoniaque, de l'albumine coagulée, du phosphate de chaux.

En Flandre et dans quelques-uns de nos départements du Nord, on recueille avec soin la fiente de pigeons, ou la *colombine*. Dans ces localités, les pigeonniers sont nombreux et très peuplés, et l'on a coutume de les louer à raison de 100 fr. par an pour les excréments de six à sept cents pigeons. Avec cet engrais la fumure d'un hectare revient de 125 à 200 fr.

Les excréments des poules, que l'on désigne sous le nom de *poullaille*, sont moins estimés que la colombine.

En général, on emploie cette sorte d'engrais en nature et sans la mélanger aux autres fumiers. On s'en sert surtout pour faire lever les semences des céréales dans les terrains humides et compacts, où ils rendent d'excellents services. En outre, on peut les appliquer avec un grand succès à la culture des trèfles, en les mêlant avec des cendres. En Flandre, on les emploie à la dose de 2,000 kilog. par hectare pour produire les plus belles récoltes de lin.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, les fumiers doivent en partie leur efficacité à l'urine qui les imprègne. On sait, en effet, que ce liquide peut fournir par la décomposition d'un de ses principaux éléments, l'urée, une quantité notable de carbonate d'ammoniaque dont l'utilité dans l'acte de végétation, est si bien démontrée aujourd'hui.

Mais, indépendamment de l'urine absorbée par la litière, il s'en écoule une portion au dehors, et l'on comprit d'après ce que l'on vient de dire, quel parti on peut en tirer dans une exploitation bien dirigée. En Suisse, on a coutume de réunir ces urines dans des citernes, où on les laisse séjourner pendant quelque temps avant de les répandre sur les champs. En Belgique, on les fait absorber par de la paille que l'on mêle ensuite au fumier ordinaire. On peut même les mélanger avec de la marne, des argiles, du sable et du plâtre.

Ce que l'on désigne dans le commerce sous le nom d'urate, est un mélange en proportions égales de plâtre et

Digitized by Google

d'urine. On le réduit en poudre, après l'avoir séché et on le conserve à l'abri de l'humidité. Est-il utile d'employer, à titre d'engrais, des urines fraîches, ou bien doit-on préférer celles qui ont subi un degré plus ou moins avancé de putréfaction? Si, pour résoudre cette question importante, on pouvait se laisser guider par une pratique généralement employée, il faudrait recommander l'emploi de l'urine putréfiée. Mais, ici, comme dans beaucoup d'autres cas, la pratique peut induire en erreur, et les procédés que l'on emploie ne reposent pas sur des principes bien certains.

On sait, en effet, que le carbonate d'ammoniaque, produit par la fermentation de l'urine, est un sel très-volatil, et qu'ainsi le principe le plus actif, le plus utile pour la végétation tend à se dissiper en pure perte, si on conserve les urines trop longtemps. Pour se faire une idée du préjudice que cette pratique mal entendue peut porter à la culture, il faut se rappeler que chaque kilogramme d'ammoniaque qui s'évapore équivaut à une perte de 60 kilogrammes de blé, et qu'avec un kilogramme d'urine on peut reproduire un kilogramme de froment.

Il faut donc, en tout cas, fixer l'ammoniaque, en ajoutant à l'urine du plâtre ou du sulfate de fer, ou en saupoudrant les terres avec ces matières. On forme ainsi du sulfate d'ammoniaque plus fixe que le carbonate et non moins efficace. Mais, d'après quelques agriculteurs, il serait toujours préférable d'employer de l'urine fraîche et convenablement étendue d'eau; conseil que nous ne donnerions qu'avec réserve.

Une foule d'autres substances analogues aux excréments des oiseaux peuvent être employées avec avantage en agriculture, et sans préparation préalable. Les excréments des chauve-souris récoltés dans les grottes habitées par ces animaux sont dans ce cas. Il en est de même de l'engrais mixte produit par le parcage des animaux; c'est un moyen évidemment très-simple de produire sur le sol même, l'engrais qui lui est nécessaire, tout en nourrissant les animaux, et d'éviter ainsi les frais de transport et les pertes qu'éprouvent ces sortes d'engrais avant d'être portés sur les terres.

459. Le fumier lui-même, tel qu'il est obtenu dans la plupart des pays, peut être considéré comme un engrais mixte non préparé, puisque, en définitive, toute sa confection con-

Digitized by Google

siste à recevoir les excréments des animaux sur une litière, et à entasser celle-ci au fur et à mesure qu'elle est imprégnée de déjections en quantité suffisante. Les fumiers, comme on le sait, se divisent en fumiers chauds ou froids, suivant qu'ils sont plus ou moins aqueux, et, par suite, suivant qu'ils contiennent plus ou moins d'azote.

On désigne particulièrement sous le nom de *fumiers*, les engrais fournis par la paille qui sert de litière aux animaux domestiques, et qui s'imprégne de leurs excréments et de leurs urines. Lorsqu'on abandonne un pareil mêlange à l'air libre, en l'arrosant de temps en temps avec de l'eau, une fermentation très-active ne tarde pas à s'y établir. Les matières animales se décomposent en fournissant des produits gazeux, parmi lesquels on remarque surtout l'acide carbonique et l'ammoniaque, et la paille elle-même, par suite d'une décomposition analogue, se désagrége et se divise peu à peu. C'est dans cet état qu'on emploie ordinairement le fumier pour amender la terre. Quant aux eaux qui ont servi à l'arroser, elles tiennent en dissolution tous les matériaux solubles des fumiers et doivent leur couleur foncée à de l'ulmate d'ammoniaque. On les recueille avec soin, car elles sont d'un emploi fort avantageux.

Une circonstance très digne d'attention, c'est que les fumiers pendant la fermentation peuvent déterminer la formation de l'ammoniaque aux dépens de l'azote de l'air et de l'hydrogène de l'eau.

L'efficacité et la valeur des fumiers dépendent donc, non seulement de la nature et des proportions relatives des excréments et de la paille qui en font la base, mais encore des procédés que l'on suit pour la préparation, la conservation et l'emploi de cette sorte d'engrais.

Les fumiers que l'on obtient avec les excréments des herbivores ne sont pas également efficaces. La fiente de porc constitue un engrais moins estimé que la bouse de vache ou de bœuf, et celle-ci paraît fournir un fumier moins riche que le crottin de cheval et la fiente de mouton.

Voici, d'après M. Girardin, quelques analyses comparatives des excréments de vache, de cheval et de mouton :

	Vache.	Cheval.	Mouton.
Eau.....	79,72	78,36	68,74
Matières organiques solubles dans l'eau.....	5,540	4,34	4,10

Digitized by Google

Id. soluble dans l'alcool....	2,00	2,60	2,80
Fibre ligneuse.....	8,70	12,16	16,26
Matières salines, telles que phosphates de chaux et de magnésie, carbonate de chaux, silice, sel marin, silicate de potasse.....	4,23	2,34	8,13
	100,00	100,00	100,00

Le fumier des bêtes à laine est celui que l'on préfère en général à tous les autres. En raison de leur forme et de leur dureté, les excréments des moutons ne se mélangent qu'imparfaitement à la litière, et comme ils ne s'imprégnent dans l'étable que d'une petite quantité de liquide, il en résulte que ce genre de fumier fermente moins facilement que les autres. Pour favoriser la décomposition de la paille, il convient donc de le disposer en tas et de l'arroser fréquemment avant de s'en servir. On a calculé que les excréments que rend un mouton pendant une nuit suffisent pour fumer une surface d'un mètre carré, ou même, d'après M. Boussingault, d'un mètre et un tiers.

En comparant pour différentes espèces d'animaux le poids des déjections à celui des aliments, on trouve, d'après des expériences de Block, les rapports suivants :

Pour le bœuf.....	0,42
— cheval.....	0,42
— mouton.....	0,40

L'expérience a démontré en outre qu'un bœuf ordinaire de 400 kilogrammes produit annuellement de 50 à 60 quintaux métriques de fumier. On obtient la même quantité soit d'un cheval et demi, soit de dix à quinze moutons.

4596. La nature de la litière que l'on emploie exerce nécessairement une influence marquée sur les qualités du fumier. En effet, la composition des pailles des légumineuses et celle des pailles des céréales est loin d'être identique ; ces pailles diffèrent non seulement par la nature et les proportions des substances salines qu'elles renferment, mais encore par leur richesse en azote. Sprengel classe les différentes espèces de pailles dans l'ordre suivant, d'après leur plus grande valeur pratique :

Digitized by Google

1 paille de colza.
2 — vesce.
3 — sarrazin.
4 — fèves.
5 — lentilles.
6 — millet.
7 — pois.
8 — orge.
9 — froment.
10 — seigle.
11 — maïs.
12 — avoine.

Voici les proportions relatives des matériaux organiques et des substances salines que ces pailles renferment.

	Subst. organ.	Subst. solides.
Paille de colza.....	96,127	3,673
— vesce.....	94,899	5,101
— fèves.....	96,879	3,121
— sarrazin.....	96,797	3,203
— lentilles.....	96,101	3,899
— millet.....	95,145	4,855
— pois.....	95,029	4,971
— orge.....	94,759	5,244
— froment.....	96,482	3,518
— seigle.....	97,207	2,793
— maïs.....	96,015	3,985
— avoine.....	94,266	5,734

MM. Boussingault et Payen ont déterminé les proportions d'azote que renferment les pailles. Le tableau suivant résume leurs analyses.

	Azote pour 100.	équivalent.	Fumier produit.
Paille de pois.....	1,79	22,34	6,702
— lentilles.....	1,01	39,60	11,880
— millet.....	0,78	51,28	15,384
— froment, ancienne..	0,49	81,60	24,990
— avoine.....	0,28	142,85	42,855
— froment, récente...	0,24	166,66	49,998
— orge.....	0,23	173,90	52,170
— seigle.....	0,17	235,29	70,587

Digitized by Google

Les pailles des légumineuses sont, comme on voit, beaucoup plus riches en azote que les pailles des céréales. Elles renferment aussi des sels de potasse en plus grande quantité. Par la putréfaction, elles fournissent une forte proportion d'acide ulmique, et dégagent plus d'ammoniaque que les pailles des céréales. On doit les employer, de préférence à ces dernières dans la préparation des fumiers.

La paille des céréales, pauvre en azote et en sels alcalins, renferme une forte proportion de silice et de phosphate de chaux.

La paille d'avoine est plus riche en potasse que les pailles des autres céréales; aussi, les terrains qui renferment cet alcali produisent-ils de fort belle avoine. Les terrains magnésiens conviennent particulièrement à la culture du sarrazin, dont la paille renferme une quantité notable de magnésie.

4597. La manière dont on conserve le fumier, depuis sa sortie de l'étable, jusqu'au moment où l'on veut s'en servir, exerce une grande influence sur les effets utiles qu'il pourra produire. Il s'agit, en effet, à l'aide d'une fermentation ménagée avec soin, d'y provoquer la formation de sels ammoniacaux et d'autres principes stimulants, en empêchant une partie de l'ammoniaque de se volatiliser par suite d'une évaporation trop active. Il convient donc de donner une certaine largeur à l'emplacement où l'on entasse le fumier, qui ne devra jamais s'élever à une trop grande hauteur, de peur que la température ne s'élève trop dans l'intérieur de la masse. Pour éviter le dégagement d'une partie de l'ammoniaque, on arrosera de temps en temps le fumier avec le purin qui s'écoule des étables et qu'on devra recueillir avec soin. Il importe d'exécuter le lavage du fumier avec régularité, à l'aide d'une pompe disposée dans la fosse où le purin se rassemble. On comprend d'ailleurs qu'il faille garantir le fumier contre les lavages inégalement opérés par l'eau pluviale.

Quelques agronomes stratifient le fumier avec de la terre, dans le but d'empêcher une fermentation trop active. On peut aussi le mélanger avec de la tourbe. L'expérience a démontré qu'un pareil mélange constitue un excellent engrais.

On peut employer les fumiers immédiatement au sortir de l'étable, sans les laisser fermenter; ils constituent alors

Digitized by Google

ce qu'on nomme les fumiers *longs* ou *pailleux*, tandis que ceux qu'on a entassés et conservés pendant quelque temps portent le nom de fumiers *courts* ou *gras*.

Pendant la fermentation, le poids et le volume des fumiers se réduisent considérablement. On a trouvé que 100 volumes de fumiers frais se réduisent, au bout de

81 jours	à 73,3	du vol.	primitif,	d'où une perte de 35,7
254	à 64,3	—	—	36,7
384	à 62,5	—	—	37,5
393	à 47,2	—	—	34,8

M. Schattenmann, qui dirige avec tant d'habileté les usines de Bouxwiller, a proposé un moyen très-simple et peu dispendieux pour maîtriser et bien conduire la fermentation des engrais. Ce moyen consiste à ajouter aux eaux saturées et à répandre sur le fumier du sulfate de fer, ou du plâtre, dont l'acide sulfurique, en se combinant à l'ammoniaque pour former un sel fixe, empêche la volatilisation de ce principe. En deux ou trois mois, on obtient par cette méthode, et en employant les précautions que nous avons déjà indiquées, un engrais gras doué d'une grande énergie.

4598. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, les différents fumiers sont loin d'être identiques sous le rapport de leurs qualités et de leur énergie.

C'est ainsi qu'il existe des différences notables entre le poids d'un même volume de fumier de bœuf et de fumier de cheval. On peut en juger par les chiffres suivants :

Un pied cube de fumier	gras	de bœuf,	pèse 26 kilog.
—	—	frais de bœuf,	21 1/2
—	—	gras de cheval,	17 1/4
—	—	frais de cheval,	13 1/2

Le meilleur fumier, celui que l'on peut appeler *normal*, est un fumier de bêtes à cornes, et présente approximativement la composition suivante :

	Eau	75
Substance solide	Albumine, Mucus, Urée, Bile, Mucilage ou gomme, Matières extractives et sucrées, Sels de potasse, de soude et d'ammoniaque.	5

Digitized by Google

	Report.....		80
Substances insolubles.	Matières résineuses et grasses.....		20
	Amidon.....		
	Sels insolubles de chaux et de magnésie..		
	Fibre végétale.....		
			100

M. Boussingault représente la composition d'un fumier de ferme, âgé de six mois, qu'il appelle *fumier normal*, de la manière suivante :

Eau.....		79,30
Substances organiques..	14,03	20,70
Sels et terres.....	6,67	
		1000

On désigne sous le nom de *fumier de ville* la boue et les débris de toute nature que l'on ramasse dans les rues. Ces matières offrent une composition fort complexe, et le cultivateur ne les emploie ordinairement qu'après les avoir soumises à une fermentation préalable. Pendant toute la durée de cet acte, il se dégage des quantités notables d'hydrogène sulfuré. Quelquefois, on ajoute de la chaux, dans le but d'accélérer la décomposition, au risque de perdre une certaine quantité d'ammoniaque.

Il convient d'ailleurs de laisser reposer le fumier pendant quelque temps, pour que la fermentation puisse être bien complète. Si on l'employait à l'état frais, il pourrait fermenter dans le sein de la terre avec une énergie trop vive, et brûler ainsi les radicules des plantes.

4599. On donne le nom de *compost* à des mélanges plus ou moins analogues au fumier de ville, et que l'on forme en disposant par couches alternatives des engrais de différente nature. On conçoit qu'une foule de débris organiques, des détritus de plantes, des résidus de nature animale, des liquides qui ont servi dans les ménages ou que l'industrie rejette, peuvent servir à la fabrication des engrais. Trop souvent, et cela arrive surtout dans les grandes villes, des matières dont le cultivateur pourrait tirer un grand parti sont perdues pour l'agriculture.

Jauffret, cultivateur provençal, a imaginé de faire un engrais artificiel, à l'aide des pailles de fougères, de genêts, de roseaux et des débris organiques de toute nature,

Digitized by Google

en déterminant dans ces matières une fermentation très-rapide et très-énergique. Pour cela, il les entasse après les avoir divisées en fragments assez petits, et les humecte à l'aide d'une lessive renfermant en dissolution quelques matières minérales et des substances organiques en putréfaction. Il convient que l'emplacement que l'on choisit soit à proximité d'une mare, dans laquelle on fait croupir l'eau en y projetant des matières fécales, des urines, ou les boues d'un égout. On y ajoute ensuite du plâtre, des cendres, du salpêtre. En arrosant les débris végétaux avec cette lessive, une fermentation très-active ne tarde pas à s'y établir; l'air emprisonné dans la masse favorise la réaction, et la température peut s'élever jusqu'à 75° dans l'intérieur des tas. Dans l'espace de douze à quinze jours on obtient ainsi un engrais que l'on peut employer immédiatement.

Mais on trouve que le prix de cet engrais est trop élevé; si l'on suivait la recette indiquée par Jauffret, 2000 kilog. de fumier reviendraient à 20 fr., tandis que la même quantité de fumier d'étable ne coûte que 10 à 15 fr. Cependant, tout en suivant la méthode de Jauffret, on peut fabriquer un engrais assez économique avec les substances suivantes, qui suffisent, d'après M. Lucy, pour fumer un hectare :

500 bottes de tiges de colza.....	25 fr.
500 bottes de fougères.....	15
Menues pailles, pailles avariées.....	18
100 kil. de plâtre.....	18
4 hectolitres de matières fécales....	6
10 kil. de sel et de salpêtre brut....	6
2 hectolitres de cendres.....	12
2 hectolitres de poussier de charbon.	6
Main-d'œuvre.....	16
Total.....	120 fr.

Tout en laissant à la pratique agricole le soin de résoudre le problème au point de vue pratique et économique, on ne saurait trop lui recommander ce système de fabrication qui repose évidemment sur une base excellente.

4609. Lorsqu'on eut reconnu l'importance des engrais azotés pour l'alimentation des végétaux, on ne tarda pas à songer à tirer parti de toutes les substances qui renferment

Digitized by Google

de l'azote en plus ou moins grande quantité; de véritables fabriques d'engrais s'établiront dans quelques-unes des villes les plus importantes de la France.

La fabrication et l'exploitation des engrais tendent à former aujourd'hui une véritable industrie chimique qui viendrait apporter à l'agriculture, sous la meilleure forme possible, le supplément de nourriture que les fermiers sont loin de pouvoir fournir en entier aux terres bien labourées d'ailleurs, dont on veut tirer tout le parti possible.

Toutes les parties des animaux peuvent donner d'excellents engrais, puisque toutes sont extrêmement riches en azote; déjà nous avons vu qu'on pouvait en tirer parti à l'état naturel; mais, pour les expédier au loin, pour les empêcher de se putréfier, pour les conserver, enfin pour rendre leurs résultats plus constants, il est nécessaire de leur donner une certaine préparation, qui les rende en même temps moins aptes à communiquer aux végétaux un goût désagréable.

C'est surtout dans les abattoirs de chevaux que l'on peut préparer les engrais animaux et tirer parti de quelques débris autrefois perdus.

Pour conserver indéfiniment le sang, on le fait coaguler à une température de 100°, soit directement en le plaçant dans une chaudière chauffée à feu nu, soit, ce qui est bien préférable, en employant l'intervention de la vapeur; dans ce dernier cas, on peut placer le sang dans un cuvier ou réservoir en bois.

La partie coagulée est enlevée au moyen d'une large écumoire, soumise à une pression assez énergique pour en extraire presque entièrement la partie liquide, enfin, desséchée à l'air libre ou dans un séchoir à courant d'air chaud.

Le sang desséché et pulvérisé est mis en tonneaux, et il peut être expédié au loin pour les besoins de l'agriculture: préparé de cette manière, il présente sous un petit volume un engrais très-riche, puisqu'il renferme 13 à 14 pour 100 d'azote.

Dans les abattoirs de chevaux, après avoir fait bouillir le cadavre de ces animaux dans de grandes cuves en bois chauffées à la vapeur, on détache la chair des os, puis on la fait dessécher au soleil, et on termine cette dessiccation dans une étuve à courant d'air sec. La matière est pesée au

Digitized by Google

friable; et on peut la pulvériser en la soumettant à l'action de pilons, ou de meules verticales. Réduite en poudre grossière, la chair sèche forme un excellent engrais qui se décompose plus lentement que la chair fraîche et qui maintient la fertilité pendant un temps plus long. Malheureusement, les emplois que peut recevoir cette viande desséchée, soit pour la fabrication du prussiate de potasse, soit pour l'alimentation des animaux, en maintiennent le prix à un taux assez élevé; son emploi se trouve donc réservé, pour cette raison, à l'engrais des plantes productives; c'est ainsi qu'on en expédie aux colonies pour la culture des cannes. Sa richesse en azote rend son transport beaucoup moins coûteux que celui des autres engrais.

4601. Les os, préparés convenablement, constituent un excellent engrais, qui est surtout très-employé en Angleterre.

En France, où les os sont moins abondants qu'en Angleterre, ils sont à un prix assez élevé, à cause de leur application à la fabrication du noir animal; cependant, il est plusieurs localités où l'on en fait usage comme engrais.

Avant d'employer les os, on doit en extraire, par l'ébullition, la graisse qu'ils contiennent, qui se vend à un prix très-élevé; puis, on les réduit en poudre grossière au moyen de cylindres cannelés d'une très-grande solidité et mus par une machine à vapeur; le broyage est commencé avec des cylindres à grandes cannelures et assez écartés; il se termine entre deux cylindres beaucoup plus rapprochés et cannelés plus finement. Cet engrais est si bien apprécié en Angleterre, qu'on le paye jusqu'à 15 et même 18 francs l'hectolitre, et qu'on en emploie 10 et jusqu'à 40 hectolitres pour un hectare de terre. En ce qui concerne leur partie organique, ce qui fait le mérite principal des os, c'est la lenteur avec laquelle ils se décomposent; leur action se fait sentir sur la végétation pendant plusieurs années de suite. Ainsi, tandis que des engrais beaucoup plus riches en azote se décomposant rapidement en terre, laissent perdre dans l'atmosphère une partie des gaz fertilisants que les plantes n'ont pas le temps de s'assimiler, les os, au contraire, fournissent, peu à peu, ces gaz et produisent en définitive des résultats meilleurs.

Les os dont on a extrait la gélatine et la colle forte, et les os qui ont été exposés longtemps aux intempéries de

Digitized by Google

de l'atmosphère, donnent un engrais beaucoup moins riche que les os neufs; et d'autant moins que la matière organique est en plus faible proportion.

Il existe à Thiers, en Auvergne, des moulins destinés au broiement des os qui n'ont pas servi à la confection des manches de couteaux et autres instruments que l'on fabrique dans cette ville en quantité immense. La poudre provenant de ces os est assez grossière; elle contient encore des morceaux de la grosseur d'un haricot; elle est grasse au toucher et tache le papier.

Cette poudre, desséchée à l'étuve, a donné pour 100 kilogrammes d'os :

Matière animale combustible....	43,86
Phosphate et carbonate de chaux.	56,14
	100,00

C'est à peu près la composition normale des os.

Il est hors de doute que la matière animale des os joue un rôle utile dans leurs applications agricoles; mais ce serait s'en faire une idée bien fausse, que de méconnaître l'importance ou même la nécessité absolue du phosphate de chaux qu'ils recèlent. Si l'agriculture a pour but d'exporter de la viande ou du blé, c'est assez dire qu'elle exporte des phosphates terreux; car la charpente osseuse de l'animal en est formée, et le blé en contient des quantités fort notables.

Il faut donc que la terre retrouve ces phosphates, et par conséquent qu'on les lui restitue, car les terres meubles en renferment naturellement bien peu. Dès lors, le procédé le plus simple consiste à reporter sur le sol les urines ou les matières fécales de l'homme que le blé a nourri, ou les os de l'animal dont la viande a été exportée.

Nul doute, néanmoins, que le phosphate de chaux naturel, celui de l'Estramadure, par exemple, constituerait à ce titre un excellent amendement, et que son exploitation serait bien digne d'être essayée sur une échelle suffisante pour permettre d'en apprécier les qualités agricoles.

Parmi les moyens économiques propres à rendre à l'agriculture tous les produits essentiels que les plantes ont soustraits au sol, le dernier mot de la chimie se résume donc en ammoniaque et phosphates terreux. Aussi, M. Boussingault a-t-il été conduit par là à essayer l'emploi du phos-

Digitized by Google

phate ammoniaco-magnésien, dont il a obtenu des résultats extrêmement avantageux dans une expérience faite sur la variété de maïs connue sous le nom de maïs quarantain.

4602. Un des engrais fabriqués, les plus connus et les plus employés, est, sans contredit, la *poudrette*, préparée au moyen des matières provenant des fosses d'aisances, et où ces phosphates terreux se trouvent réunis à des matières animales fécondantes.

Une vaste exploitation, organisée aux portes mêmes de Paris, donne aux matières fécales qui seraient sans emploi, comme il en est dans beaucoup de capitales de l'Europe, une très-grande valeur en les mettant sous une forme qui en rend le transport facile.

Mais, il faut bien le dire, les moyens employés pour préparer la poudrette, à Montfaucon, sont très-barbares, et semblent avoir été choisis exprès pour perdre une partie des gaz les plus utiles à la végétation, et pour infecter les environs et même jusqu'aux quartiers les plus populeux de Paris. Cependant, comme il vaut encore mieux employer ce procédé que de ne pas utiliser du tout les matières fécales, nous allons le décrire rapidement.

L'exploitation se fait au moyen de six ou sept grands bassins, aussi étanches que possible, car ils doivent contenir des liquides infects et ils sont élevés au-dessus des habitations environnantes. D'ailleurs, on peut, à volonté, les faire communiquer les uns avec les autres.

L'un de ces bassins, situé à 35 mètres au-dessus du niveau de la Seine, est beaucoup plus élevé que tous les autres et d'une capacité également plus grande. C'est dans ce dernier réservoir que se vident les vidanges amenées de Paris, au moyen de grands tonneaux appartenant à des entreprises particulières. Ces entreprises se chargent de la vidange et du transport des matières solides et liquides, moyennant une rétribution donnée par les propriétaires.

Le bassin dans lequel viennent se vider les tonneaux de vidange est irrégulier dans sa forme; il a, à peu près, 100 mètres de longueur sur 50 à 60 de largeur, et 10 mètres à peu près de profondeur. C'est dans ce premier bassin que le liquide se sépare des solides par simple décantation.

Les eaux vannes se rendent au moyen d'un conduit souterrain, dans l'un des bassins inférieurs; mais on a soin, avant leur départ, de les tamiser à travers un clayon-

Digitized by Google

nage grossier, qui retient les parties solides les moins menues ; celles qui s'échappent vont se déposer dans les bassins inférieurs. Ces derniers, au nombre de cinq ou six, ont à peu près 50 à 80 mètres carrés chacun ; mais ils sont moins profonds que le bassin qui reçoit directement la vidange, puisqu'ils sont destinés à retenir beaucoup moins de matières solides. Comme nous l'avons dit, ces bassins communiquent tous entre eux, et on en fait usage de manière à faire déposer méthodiquement les matières tenues en suspension par le liquide qui s'écoule du réservoir supérieur.

Les eaux vannes parcourent donc successivement tous les bassins, sauf celui qui est en exploitation, et, après ce long trajet, le liquide est encore tamisé à travers un treillis assez fin, puis évacué dans une conduite qui le mène dans un égout. Cet égout va déboucher dans la Seine. On comprend que les bassins inférieurs doivent être fort longtemps avant de se remplir de matières solides, et en effet, on ne les exploite guère qu'une fois par an ; les derniers demeurent quelquefois deux et même trois années avant d'être exploités.

Lorsqu'un bassin est prêt, on le laisse déposer pendant quelques jours, puis, au moyen d'une pompe ou d'une vis d'Archimède, on fait passer tout le liquide du bassin à vider dans le bassin suivant, lorsque la différence de niveau n'est pas assez grande pour que ce transvasement se fasse sans le secours de moteurs. Chaque bassin est vidé à son tour, quand il est devenu le premier dans lequel se rendent les eaux vannes qui s'écoulent continuellement du grand réservoir supérieur. Quant à celui-ci, lorsqu'il est suffisamment plein de matières solides, ce qui arrive tous les quatre ou cinq mois, on laisse écouler l'excès de liquide, et on l'exploite de la même manière que les bassins inférieurs.

Les bassins, mal disposés, de Montfaucon obligent pendant que l'on exploite ce réservoir supérieur, de continuer à y vider les vidanges, en prenant soin toutefois de séparer immédiatement la partie la plus liquide et de l'envoyer dans les bassins inférieurs.

Le travail serait plus facile et beaucoup plus régulier, si l'on avait deux réservoirs de réception ; pendant que l'exploitation du premier se ferait, on verserait les vidanges dans l'autre.

L'exploitation des bassins se fait d'une manière extrê-

Digitized by Google

moment simple. Lorsque la matière est suffisamment ressuyée, on commence par découvrir la chaussée qui conduit au fond des réservoirs, puis on enlève de proche en proche toute la matière; les tombereaux chargés vont se vider sur un vaste terrain attenant à l'exploitation, et qui est destiné à opérer la dessiccation de leur contenu. Voici comment cette dessiccation se fait : la matière fécale est étendue régulièrement sur toute la surface du terrain; au bout de quelques heures, on passe une herse sur cette couche, de manière à renouveler les surfaces et à accélérer ainsi la dessiccation; le hersage est répété à diverses reprises, et jusqu'à ce que cette dernière soit arrivée au point convenable. On met alors la matière en tas, puis, en temps opportun, on la reprend, on l'étend en couche mince, on la triture avec les pieds, de manière à la réduire en poudre grossière; on sépare les cailloux et autres substances dures, enfin, on la passe à travers un crible.

La *poudrette* est alors préparée, elle est propre à être livrée de suite à l'agriculture; en attendant, on la dispose en tas qui cubent quelquefois 2 à 3 mille mètres cubes.

Il arrive journellement, à Montfaucon, près de 600 mètres cubes de matières tant solides que liquides, qui, en définitive, produisent au plus 100 mètres cubes de poudrette. Depuis quelques années, par suite d'expériences faites dans mon laboratoire par M. Jacquemard, une nouvelle industrie s'est fondée sur l'emploi de la partie liquide. Une partie des eaux vannes sert à la préparation du sulfate d'ammoniaque et de quelques autres sels ammoniacaux; une usine, construite sur l'emplacement même de la voirie, sert à cette exploitation particulière; mais elle emploie au plus 90 à 100 mètres cubes d'urine; le surplus, comme nous l'avons dit, est envoyé dans la Seine. Bientôt, sans doute, une industrie plus perfectionnée saura utiliser toute l'ammoniaque de ces liquides et même les autres sels qu'ils contiennent. Nul doute que si, après en avoir retiré l'ammoniaque, au moyen de la chaux, comme on le pratique, on employait le résidu trouble comme arrosage pour les prairies artificielles, on en tirerait un excellent parti, car ce résidu renferme tous les phosphates, beaucoup de sels alcalins, et même des matières organiques.

La poudrette, préparée comme nous venons de le dire, se vend à peu près 4 fr. 50 c. l'hectolitre.

Digitized by Google

4603. Depuis plusieurs années, il est vrai, on s'occupe à transporter l'exploitation tout entière au milieu de la forêt de Bondy, et de grands travaux ont été exécutés dans cette localité. M. Mary, ingénieur de la ville, exécute une conduite d'un très-grand diamètre, qui écoulera à Bondy les liquides séparés préalablement dans un bassin de repos. Le transport et la désinfection des matières solides (restant ainsi réduites au cinquième) présenteront, comparativement, beaucoup plus de facilité.

La disposition des bassins de Bondy est meilleure que celle du bassin de Montfaucon, en ce sens qu'il y en a deux systèmes complets; mais les différences de niveau sont moins grandes, ce qui nécessitera une main-d'œuvre plus considérable. Une conduite, déjà établie, conduira les eaux vannes en excès dans un égout de la Villette, qui va se jeter dans la Seine, au-dessous de Paris. Les urines seront donc perdues comme elles l'étaient déjà à Montfaucon, et cependant elles contiennent une quantité d'azote telle, qu'elles représentent pour l'agriculture une valeur au moins trois fois plus grande que celle de toutes les matières fécales réduites en poudrette. Nul doute qu'un jour on ne tire parti de cette source de richesse, au lieu de l'envoyer à la rivière; déjà, on peut entrevoir deux moyens de l'utiliser. L'un de ces moyens est indiqué par la position même des bassins de Bondy, qui dominent toute la plaine de Saint-Denis; il y aurait donc possibilité de se servir des eaux vannes pour l'irrigation de cette plaine, dont on augmenterait considérablement la fertilité. Si l'on était obligé d'étendre l'urine d'une certaine quantité d'eau, afin que son action ne fût pas trop énergique, la proximité du canal et la hauteur de ses eaux, qui sont au-dessus du niveau des bassins, rendrait cette opération des plus faciles. La quantité d'eaux vannes dont on pourrait disposer de cette manière est si considérable, qu'elle pourrait servir à l'irrigation d'une plaine quatre ou cinq fois plus grande que celle de Saint-Denis. Il est un autre moyen qui permettrait d'utiliser toutes les urines : il consisterait à les transformer en sulfate d'ammoniaque.

4604. Depuis que les progrès de la chimie ont fait entrevoir la possibilité d'employer ce sel pour fertiliser les terres, une foule d'expériences en grand ont été entreprises dans plusieurs contrées de l'Europe. En Angleterre, l'emploi du sulfate paraît avoir amené d'excellents résultats. En

Digitized by Google

France, plusieurs savants et des industriels distingués se sont occupés de la question et ont également obtenu des résultats heureux.

Nous citerons entre autres les essais en grand entrepris par M. Kulhmann (de Lille) et par M. Schattenman.

Si donc, comme tout le donne à penser, le sulfate d'ammoniaque peut être regardé comme l'engrais le plus riche que l'on connaisse, puisqu'il renferme 21 p. 0/0 d'azote, on voit de suite quel immense parti on pourra tirer des urines de Montfaucon ou de Bondy, en les transformant en sulfate au moyen de l'acide sulfurique.

Nous allons prouver par quelques chiffres que, même dans l'état actuel des choses et malgré l'intervention de l'acide sulfurique et les frais d'une exploitation, le sulfate d'ammoniaque pourrait être livré à un prix tel, qu'il deviendrait plus économique que la plupart des engrais.

Même, au prix où le sulfate se trouve aujourd'hui, il pourrait souvent entrer en concurrence avec d'autres engrais.

En effet, comparons le sulfate d'ammoniaque à la poudrette de Montfaucon.

Le sel se vend aujourd'hui 60 fr. les 100 kilog., parfaitement pur et en cristaux blancs; il contient à peu près 21 p. 0/0 d'azote.

La poudrette se vend environ 4 fr. 50 les 100 kilog., et ne contient souvent, d'après MM. Boussingault et Payen, que 1,6 p. 0/0 d'azote. En supposant que la valeur de l'engrais soit exactement proportionnelle à la quantité d'azote qu'il contient, il s'ensuit que 100 kilog. de sulfate produiraient le même effet que 1300 kilog. de poudrette. Ce qui revient à dire que 60 fr. du premier équivalent également à près de 60 fr. du second.

Il est vrai de dire que la poudrette n'agit pas seulement par l'azote qu'elle contient, mais bien aussi par les sels qu'elle renferme et qui en font un excellent amendement pour la plupart des terres. La poudrette contient en outre des matières organiques, qui modifient certainement les propriétés de l'eau ou celles de l'air que les racines absorbent. Mais, comme le sulfate d'ammoniaque coûtera dix fois moins de transport, et que les matières qui fournissent les éléments autres que l'azote peuvent se trouver à un prix beaucoup plus bas que celui de la poudrette elle-même, on peut espérer que l'emploi du sulfate d'ammo-

Digitized by Google

niaque, combiné avec celui du terreau ou de la tourbe et des os en poudre, donnerait des résultats économiques et complétement avantageux.

Le prix du sulfate que nous avons indiqué plus haut est celui du commerce; mais, si ce sel trouvait en agriculture des débouchés suffisants, son prix baisserait à 40 fr. et au-dessous.

Nous n'insisterons pas ici sur la fabrication du sulfate d'ammoniaque, cette question ayant déjà été traitée dans un autre chapitre; nous ajouterons, seulement, que les urines amenées à Montfaucon suffiraient pour préparer plus de 2 millions de kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, représentant pour la quantité d'azote 26 millions de kilogrammes de poudrette, ou bien encore près de 100 millions de kilogrammes de fumier ordinaire. On juge, d'après ces chiffres, de quelle importance il est pour l'agriculture de résoudre la question de l'emploi du sulfate d'ammoniaque, et de sanctionner par une longue expérience les succès que quelques personnes en ont obtenus.

Comment le sulfate d'ammoniaque devra-t-il être répandu sur la terre? C'est là une question qui n'est pas encore résolue : on a conseillé de l'employer en dissolution à la dose de 1 ou 2 millièmes au plus; mais, ce procédé ne peut être appliqué dans toutes les localités; dans tous les cas, il exigerait une dépense de main-d'œuvre considérable. Il est probable qu'on obtiendra d'aussi bons résultats, sans dépense aussi grande, en le semant soit à l'état de liberté, soit mélangé avec de la terre ou de la craie, et en ayant soin de choisir l'époque favorable, pour que le sulfate ne puisse nuire à la végétation par sa trop grande énergie. Cependant, jusqu'ici les essais qu'on en a faits, sous cette forme, ont été moins avantageux.

4605. On sait le grand avantage que présente comme engrais le noir animal, résidu des raffineries, et les profits qui résultent de son emploi.

Malheureusement ce noir animal est d'un prix assez élevé, et le commerce n'en fournit qu'une quantité bien insuffisante pour l'agriculture; aussi a-t-on eu la pensée de fabriquer un engrais dont les propriétés fussent à peu près semblables et qui pût quelquefois le remplacer, en mettant à profit les matières fécales désinfectées par un charbon fait à bon marché.

Digitized by Google

Ce nouvel engrais que l'on nomme *noir animalisé* se fait avec de la terre végétale que l'on carbonise et que l'on mélange avec la matière des vidanges : on produit ainsi une substance qui possède en effet plusieurs des qualités du noir animal des raffineries. Dans les deux cas, on a une poudre charbonneuse et absorbante qui retient les composés ammoniacaux à mesure qu'ils se forment et qui ne les abandonne que peu à peu et avec lenteur. Or, cette lenteur et cette régularité dans la production de l'ammoniaque sont probablement une des raisons principales qui contribuent à donner au noir des raffineries une valeur, comme engrais, plus grande que celle qu'indiquerait le tableau des équivalents.

Ce ralentissement dans la décomposition est surtout avantageux dans le cas dont il s'agit, car le seul inconvénient de l'emploi des matières fécales employées comme engrais suivant la méthode ordinaire, consiste en une action trop brusque et trop rapide.

On doit choisir pour cette fabrication une terre aussi riche que possible en débris organiques, afin que, par la carbonisation, elle fournisse une quantité suffisante de charbon ; il faut aussi qu'elle puisse facilement se diviser et se pulvériser, et que pendant la calcination elle ne se prenne pas en masses solides, comme cela arrive quand elle est par trop argileuse.

Il faut avouer, du reste, que, même dans les meilleures conditions, cette terre carbonisée est loin de pouvoir se comparer pour ses propriétés absorbantes au charbon animal, et peut-être, sous ce rapport, les procédés employés maintenant pourraient-ils subir quelques modifications. Cependant ces procédés produisent une terre carbonisée d'un prix assez faible pour que son emploi soit extrêmement avantageux. Cette méthode nous semble la meilleure qu'on puisse substituer à la fabrication de la poudrette.

On parvient, en effet, par l'emploi de la terre carbonisée, à fabriquer un engrais, riche en azote, qui utilise et retient toutes les substances animales des matières fécales, et qui, de plus, se présente sous une forme pulvérulente commode pour son application. Cet engrais dont la richesse est suffisante pour qu'il soit transportable, peut se fabriquer rapidement, c'est-à-dire en un mois en été et en deux mois en hiver, et sa fabrication permet d'éviter toute odeur infecte

Digitized by Google

aux environs de l'usine. La fabrication de la poudrette exige, au contraire, un temps infiniment plus long, et la plus grande partie des composés ammoniacaux se perd et se dégage dans l'atmosphère.

4606. Quant aux produits obtenus par ces deux systèmes de fabrication, ils ont une valeur à peu près égale, et même le noir animalisé est en général le plus riche; on doit en effet arriver à lui donner à l'état sec une richesse en azote d'au moins 3 p. 0/0, et il est rare que la poudrette du commerce ait un titre aussi élevé. Il est vrai que dans la poudrette de Belloni, MM. Payen et Boussingault ont trouvé jusqu'à 4,4 p. 0/0 d'azote à l'état sec; mais la poudrette de Montfaucon n'en contient que 2,67 p. 0/0 au plus. Les poudrettes moyennes ne contiennent même que 2 et quelquefois même 1,6 d'azote p. 0/0 à l'état sec.

Il est vrai qu'à cause du mode de fabrication de la poudrette, elle contient, concentrés sous un assez petit volume, les sels et les phosphates d'une grande quantité de matières fécales, et ces phosphates lui donnent peut-être, à richesse égale en azote, une valeur plus grande que celle du noir animalisé, qui contient des phosphates, mais en quantité beaucoup moindre.

Cependant je ne pense pas que ce désavantage soit très-grand pour le noir animalisé, car en comparant les analyses, on trouve que le rapport de l'azote au phosphore est à peu près le même dans les matières fécales, et dans un très-grand nombre de végétaux. D'où il suit que la quantité de noir animalisé qui sera suffisante pour fournir à une récolte l'azote nécessaire, pourra lui fournir aussi la quantité de phosphore que cette récolte devra contenir.

Il est vrai cependant que le noir animalisé n'est peut-être pas sous ce rapport un engrais complet, et que sa richesse étant plus grande sous le rapport de l'azote que sous celui des autres principes utiles à la végétation, il aurait besoin, comme un grand nombre d'engrais, d'être amélioré par un engrais complémentaire.

Pour faciliter ces sortes de calculs, il serait utile de faire pour les principales substances minérales qui entrent dans la composition des végétaux des tableaux d'équivalents d'engrais semblables à celui qu'on a fait pour le principe le plus utile de tous, c'est-à-dire pour l'azote.

Digitized by Google

Le rang définitif d'un engrais dépendrait du rang qu'il aurait dans chacun de ces tableaux.

4607. MM. Baronnet et compagnie fabriquent le noir animalisé par des procédés qui se divisent en deux parties principales : l'extraction des matières fécales des fosses et leur transport à l'usine, puis leur transformation en engrais.

Avant d'extraire les matières fécales des fosses, on désinfecte ces matières. Deux substances sont employées dans ce but et réussissent à peu près également bien. La première est le résidu de la fabrication du sulfate de protoxyde de fer, que l'on peut en général se procurer à peu de frais.

Quand on peut choisir entre plusieurs de ces résidus, il faut naturellement prendre ceux qui sont les moins acides et qui contiennent le plus possible de peroxyde de fer, et même quelquefois du zinc. On comprend le mode d'action de ces sels.

Une autre substance que la compagnie emploie souvent aussi dans le même but, c'est une dissolution de la matière précédente qu'on jette dans la fosse, et à laquelle on ajoute une dissolution d'une quantité égale de savon commun. Il se forme alors un oléate métallique qui paraît se décomposer plus facilement que les sulfates sous l'influence de l'acide sulfhydrique et du sulfhydrate d'ammoniaque. Dans tous les cas, le savon et les eaux grasses sont utiles dans cette opération pour recouvrir la surface des liquides d'une couche oléagineuse, qui s'oppose à la diffusion de l'acide sulfhydrique ou des vapeurs de sulfhydrate d'ammoniaque.

Cette désinfection ainsi opérée transforme les sels ammoniacaux volatils qui existent dans les matières fécales en sels ammoniacaux fixes, c'est-à-dire en sulfate d'ammoniaque.

Les matières fécales sont extraites des fosses au moyen d'une chaîne à godets, mue par une manivelle. Cette machine, qu'on nomme la *machine Frédéric*, occupe aussi peu d'espace que possible; elle peut donc être introduite et employée dans presque toutes les maisons. Il suffit d'une ouverture de $0^m,35$ sur $0^m,30$ pour introduire la chaîne à godets dans les fosses. Pour se vider parfaitement, les fosses doivent avoir un fond creux et garder les liquides; il en résulte que la consistance des matières n'est pas trop

Digitized by Google

considérable. Sans ces précautions, on est quelquefois forcé de terminer l'extraction par la méthode ordinaire. Les matières extraites des fosses sont versées par les godets dans des tonneaux, sans être un seul instant exposées au contact de l'air ; car toute la machine est recouverte d'une enveloppe en fer-blanc, et les gaz qui se dégageraient des matières fécales seraient forcés, pour se répandre dans l'air, de traverser un petit appareil qui contient du chlorure de chaux.

De cette manière, l'opération se fait très-souvent en plein jour, et l'odeur dégagée serait, à cause de l'enveloppe de fer-blanc, très-peu sensible, même si l'on n'avait pas la précaution de désinfecter les matières avant de les extraire des fosses.

4608. Les matières fécales ainsi transportées à l'usine doivent y être converties en engrais et mêlées à de la terre carbonisée, car la désinfection produite par le sulfate de fer ne serait pas permanente. On les verse par conséquent dans des bassins et on y ajoute, à la pelle, à peu près leur volume de terre carbonisée ; on mélange le tout aussi complétement que possible avec des ringards, puis on laisse la matière se déposer, et après l'avoir réunie suivant l'axe du bassin où le fond est plus élevé, on fait écouler au moyen de vannes le liquide qui peut encore rester. Le fond des bassins a, dans ce but, dans le sens de la longueur une pente de $0^m,02$.

Quant au mélange de la terre carbonisée et des matières fécales, on l'étend sur un sol imperméable sous des hangars, et on le fait sécher à l'air, en ayant soin de l'agiter souvent et d'en renouveler les surfaces. Lorsque la dessiccation est suffisante, on ajoute à ce premier mélange une seconde fois son volume de matières fécales, et on opère comme la première fois. On répète cette opération jusqu'à ce que la terre ne forme plus que le quart à peu près du produit obtenu, ce qui a lieu en général après le troisième mélange, quand l'opération est bien conduite et surtout quand les matières fécales que l'on emploie contiennent une forte proportion de produits solides.

Cette opération qui, par l'emploi de la terre carbonisée, ne répand qu'une odeur très-peu intense, dure environ un mois en été et deux mois en hiver. La saison la plus favorable pour cette fabrication est le printemps, et c'est à

Digitized by Google

cette époque qu'on doit, s'il est possible, faire le plus grand nombre des vidanges.

4609. Quant à la terre carbonisée, on la préparait anciennement dans des pots ou marmites, mais M. Baronnet a substitué à ce procédé un four coulant beaucoup plus économique.

Ce four se compose de plusieurs trémies inclinées qu'entoure la flamme et où l'on fait couler la terre.

Les trémies supérieures ont une sole de fonte, mais la dernière est en entier construite en briques réfractaires. Lorsque la terre contenue dans la trémie inférieure est assez chaude, c'est-à-dire quand elle est rouge sombre, on la fait sortir du four, et au moyen de ringards on fait tomber la terre qui se trouve dans chaque trémie sur la trémie inférieure, tandis qu'on introduit une nouvelle charge à la trémie supérieure. On charge ainsi le four à des intervalles de trois quarts d'heure à une heure. Au sortir du four, la terre tombe dans un étouffoir en tôle, où elle se refroidit à l'abri de l'air. On emploie cette terre dès qu'elle est froide, pour utiliser tout son pouvoir absorbant.

La terre qu'on emploie doit être criblée et réduite en poudre aussi fine que possible. Il est bon qu'elle soit argileuse, parce que le charbon qu'elle produit est alors plus divisé et plus absorbant; mais, quand la proportion d'argile est trop considérable, il arrive que la terre se prend quelquefois en masses analogues à la brique, ce qu'il importe d'éviter.

Un peu de carbonate de chaux mêlé à la terre en augmente la division et la fait couler plus facilement; mais il n'en faut que peu, car s'il se formait beaucoup de chaux par la calcination, il pourrait se dégager de l'ammoniaque au moment du mélange de la terre et des matières fécales.

Il est bon aussi que la terre soit un peu humide quand on la carbonise, car la vapeur d'eau qui s'en dégage quand elle arrive aux trémies inférieures entraîne avec elle l'air qui se trouve dans les interstices de la terre des trémies supérieures. De cette façon, la carbonisation se fait presque tout à fait à l'abri de l'air, tandis que, quand la terre est trop sèche, il arrive presque toujours qu'au lieu de se carboniser elle se brûle dans la trémie inférieure, quoiqu'elle n'y soit qu'au rouge sombre.

Digitized by Google

Un four de 6 mètres de haut peut carboniser en vingt-quatre heures 5 ou 6 mètres cubes de terre.

4610. A ces conditions, le mètre cube de terre carbonisée revient, en ayant égard à tous les frais, à 5 francs environ.

Un établissement de moyenne grandeur, c'est-à-dire destiné à une ville de 20,000 âmes, nécessite pour dépenses de constructions et d'installation, à peu près 20 à 25,000 fr., pour fours, bassins, hangars, machines et ustensiles.

Quant aux frais généraux d'entretien et de main-d'œuvre, ils s'élèvent, pour toute la fabrication, à 1 franc par an et par habitant, ce qui fait pour l'établissement supposé et par an, 20,000 fr.

Un établissement de cette importance produirait par an à peu près 600 mètres cubes d'engrais vendable, ce qui, à 5 fr. l'hectolitre, qui est le prix des engrais terminés à 3 p. 100 d'azote, fait 30,000 fr.

A ce prix de 4 à 5 fr., la fumure par le noir animalisé peut avoir de l'avantage sur celle du fumier, car la théorie et la pratique s'accordent pour fixer à 20 ou 25 hectolitres par hectare la quantité de noir à employer, ce qui ferait une dépense de 100 à 125 fr., tandis que 10,000 kilogr. de fumier coûtent 180 fr., et sont d'un transport plus difficile et plus long.

Si le noir animalisé n'est pas encore un engrais aussi parfait qu'on puisse le désirer, ce n'en est pas moins une des meilleures manières d'utiliser complétement les produits des vidanges, et il offre de grands avantages sous le rapport de la salubrité et de l'agriculture.

Il serait à désirer que les municipalités ou même le gouvernement prissent des mesures décisives pour forcer les propriétaires à construire des fosses parfaitement cimentées, ne permettant aucune infiltration et à l'abri des eaux pluviales. Leur fond devrait être fait en forme de cul-de-lampe. On préviendrait ainsi la mort assez fréquente des ouvriers employés aux vidanges. Le jour où cette mesure sera généralement exécutée, la richesse végétale du sol sera complétement régénérée. L'immense quantité d'engrais concentrés qu'elle pourra recevoir rétablira sa fécondité. L'agriculture et l'hygiène sont donc

Digitized by Google

également intéressées au succès de cette nouvelle fabrication.

4641. La valeur du fumier ne peut se décider que par un seul moyen, l'expérience agricole : elle en est le juge souverain et sans appel ; mais la chimie peut lui fournir d'utiles données, propres à diriger ses tentatives.

En effet, la chimie peut déterminer par une analyse précise la nature et la quantité des matériaux, soit minéraux, soit organiques, qu'une récolte donnée exporte du sol qui l'a fournie. Si elle constate une exportation de phosphates terreux, de sels alcalins, de potasse, de soufre, il faudra bien que le sol retrouve ces produits dans les engrais, sous peine de ne pas retrouver sa fécondité.

Les recherches chimiques ont mis en évidence le rôle de l'ammoniaque dans les engrais et celui des matières azotées en général. A cet égard, nul doute ne reste dans l'esprit de personne; les engrais doivent toujours contenir ou de l'ammoniaque ou des matières azotées capables d'en produire.

Mais, quand on a réuni des débris végétaux ou animaux dont les cendres contiennent les sels que la végétation réclame ou les matières azotées dont elle a besoin, est-il utile ou dangereux de les soumettre à une fermentation prolongée? Le fumier vaut-il mieux que la litière qui le produit?

A cet égard, je n'ai aucune hésitation, et je crois que nul agriculteur n'en conserve. Le fumier est bien plus efficace que les matériaux qui l'ont fourni ne le seraient à l'état naturel.

Deux causes contribuent à cette efficacité spéciale. La première est due à la formation de l'ammoniaque qui prend naissance pendant la fermentation du fumier et qui résulte de l'action réciproque de l'hydrogène de l'eau et de l'azote de l'air. Le fumier peut donc être plus riche en azote que ses matériaux, si la fermentation a été bien dirigée.

La seconde circonstance qui influe sur l'activité spéciale du fumier consiste dans la présence des acides bruns qui en font partie, et qui, évidemment, ont une grande aptitude à s'emparer de l'oxygène de l'air existant dans l'eau, pour le convertir en acide carbonique. Si l'eau du fumier tient en dissolution des sels ammoniacaux formés par de

Digitized by Google

tels acides, elle tend à donner du carbonate d'ammoniaque par l'action de l'oxygène de l'air.

Or, tout le monde comprend qu'il sera très-différent pour une plante d'absorber par ses racines de l'eau aérée tenant du carbonate d'ammoniaque en dissolution, ou de l'eau privée d'air, contenant de l'acide carbonique et du carbonate d'ammoniaque.

Tel me semble être le rôle du fumier. C'est un produit qui fournit, peu à peu, à l'eau des matériaux très-combustibles, capables de s'emparer de l'oxygène de l'air et de le transformer en acide carbonique, et qui contient en outre de l'ammoniaque et des sels alcalins ou terreux.

Le fumier rendrait à la terre tout ce qu'elle a perdu, si l'agriculteur n'exportait ni blé, ni viande, etc. Mais, les sels terreux ou alcalins, les phosphates que ce blé ou cette viande emportent ont besoin d'être renouvelés. Aussi, faut-il les restituer au sol au moyen des os, des urines ou de produits analogues, qui lui rendront sa fécondité.

Mais, l'ulmate d'ammoniaque, comme source de carbonate et peut-être aussi à d'autres titres, a été trop négligé dans ces derniers temps et mérite une attention particulière de la part des agriculteurs. Sa présence constante dans les fumiers est un indice qui doit être pris en sérieuse considération, et qui démontre toute l'utilité de ces fermentations préalables des matériaux des fumiers sur lesquelles Jauffret a fixé les regards de l'agriculture.

4612. M. Jacquemart, que j'ai cité plus haut, veut bien me communiquer la note suivante, au sujet des sels ammoniacaux employés comme engrais :

« En 1832 et 1833, je m'occupai des moyens d'extraire les sels ammoniacaux de matières qui pouvaient en fournir des quantités considérables. Il me sembla qu'il y aurait utilité à examiner si des sels aussi riches en azote, et qu'on pourrait se procurer en abondance, n'exerceraient pas une heureuse influence sur la végétation. Pour m'éclairer sur la nature du sel le plus convenable à cet usage, j'analysai la poudrette.

« Je reconnus qu'un hectolitre de poudrette pesant 68 kil., contenait en azote l'équivalent de 4k,59 de sulfate d'ammoniaque cristallisé ; que 55 0/0 de cet azote étaient à l'état de carbonate d'ammoniaque tout formé, et que 47 0/0 étaient représentés par des matières organiques. Ce résultat

Digitized by Google

et la promptitude avec laquelle l'action de la poudrette se fait sentir sur les plantes, me firent penser que le carbonate d'ammoniaque devait être très-favorable à leur développement, et qu'il fallait attribuer principalement à la présence de ce sel l'énergie de la poudrette et de l'engrais flamand. En effet, au moment où l'on emploie cet engrais, toute l'urée des urines est transformée en carbonate d'ammoniaque, et ce sel est en quantité plus considérable que tous les autres. Les circonstances ne me permirent pas de continuer ces recherches; je constatai seulement que le sous-carbonate d'ammoniaque avait une influence très-favorable sur la végétation. Ce n'est qu'en 1843 (avril), que je pus faire des essais exacts sur l'emploi des sels ammoniacaux en agriculture. Ils ont eu pour but :

1° D'établir la valeur, comme engrais ou comme stimulant du sous-carbonate, du carbonate et du sulfate d'ammoniaque, en prenant la poudrette, comme point de comparaison;

2° D'employer ces matières sous un petit volume et sous une forme commode.

« On a employé la poudrette à la dose de 20 hectogram. (2000 litres) par hectare. D'après ce qui précède, un hectolitre de poudrette représente, par son azote, 4k,57 de sulfate d'ammoniaque cristallisé : 20 hectol. représentent donc 92 kil. de sulfate.

« Les doses des sels ammoniacaux ont été déterminées de manière à ce qu'elles continssent autant d'azote que la poudrette. Elles étaient par hectare de :

680 lit. sous-carbonate en liqueur, formé de 1 équiv. acide, 2 équiv. ammon., représentant..... 92 kil. sulf.

680 lit. carbonate en liqueur, formé de 2 équivalents acide, 2 équiv. ammon..... 92

92 kil. sulfate en liqueur..... 92

« Afin de pouvoir transporter et répandre facilement les dissolutions de carbonate ammoniacal, on les a fait absorber par des matières sèches et poreuses, telles que du charbon de bois pulvérisé et de la tourbe en poussière. On verra dans les essais d'octobre 1843, que la dissolution de carbonate peut être employée sous un volume moindre de moitié, en doublant la richesse de la liqueur; alors, le volume de l'engrais se réduit à celui de la poudrette.

Digitized by Google

« Le sulfate d'ammoniaque a été employé sous deux états :

1° En dissolution dans 6 fois son poids d'eau, qu'on a fait absorber par du calcaire sec et en poudre.

2° En sel pulvérisé, qu'on a semé comme des graines fines. On n'a fait usage du calcaire humecté par la dissolution de sulfate, que parce qu'on avait reconnu préalablement, que dans de pareilles circonstances, il y avait formation de carbonate d'ammoniaque. Si l'on met, en effet, dans un flacon du calcaire imbibé de sulfate d'ammoniaque, on sent une odeur ammoniacale, et du papier de tournesol rougi et suspendu au-dessus du calcaire passe facilement au bleu; cette réaction est lente. On devait donc espérer de bons effets d'un mélange dans lequel le carbonate d'ammoniaque, formé et dégagé lentement se présenterait à la plante à l'état naissant. Sur une première récolte, le résultat a été presque nul, mais sur la seconde, il a été très-prononcé. Malheureusement, on n'a pu faire aucune observation à la troisième année.

« Enfin, pour se rapprocher, autant que possible, de la composition de la poudrette, qui contient une portion de son ammoniaque à l'état de carbonate, et une portion à l'état d'élément, on a fait une dissolution mixte de sulfate et de carbonate d'ammoniaque à la dose de 40 kil. du premier, et de 60 kil. du second par hectare. Cette dissolution a été absorbée par de la poussière de tourbe.

4613. « Toutes les matières employées pour cet essai ont été semées le même jour 29 avril 1843, en même temps que la semence d'avoine, et enterrées avec le grain par un même tour de herse. Le terrain est un bois défriché, ayant déjà porté deux récoltes, et ayant été chaulé et marné. Chaque essai avait 250 mètres superficiels, et n'était séparé du suivant que par un intervalle de 3 mètres. Les limites étaient tracées au cordeau. La récolte a été faite avec le plus grand soin, et les produits en ont été pesés.

Digitized by Google

RÉSULTATS obtenus AVEC LES MATIÈRES SUIVANTES.	Paille battue par hectare.	Avoine par hectare.	Evaluation du Grain, celui donné par la poudrette étant 100.	Rapport du Grain à la Paille, celle-ci étant 100.
N° 1. Carbonate d'ammoniaque et charbon.	4300	2800	96,8 %	75 %
N° 2. Sous-carbonate d'ammoniaque et charbon.	4640	3120	94	69
N° 3. Carbonate et tourbe	4190	2850	85	77
N° 4. Sous-carbonate et tourbe.	4520	3120	94	72
N° 5. Carbonate, sulfate et tourbe	3960	2750	88	80
N° 6. Poudrette	5120	3324	100	65
N° 7. Sous-carbonate, sulfate et tourbe	4354	2790	84	64
N° 8. Sulfate et calcaire	4080	2834	79,0	69
N° 9. Sulfate en sel	3726	2410	72,5	64
N° 10. Néant	3992	2465	74	61

« De ces essais, il résulte :

1° Que le carbonate et le sous-carbonate d'ammoniaque employés avec le charbon ou avec la tourbe, donnent 94 0/0 du produit de la poudrette, contenant une égale quantité d'azote correspondant à 92 kil. de sulfate d'ammoniaque cristallisé par hectare;

2° Que le degré de saturation de l'ammoniaque par l'acide carbonique est sans influence;

3° Que le sulfate d'ammoniaque en sel ne donne aucun résultat;

4° Que le mélange du carbonate et du sulfate d'ammoniaque donne 84 0/0 de la poudrette. Ce chiffre se déduisait presque exactement et *à priori* (85 0/0), des rendements des sels qui composent le mélange;

5° Que le calcaire imbibé de sulfate d'ammoniaque a donné 79 0/0, c'est-à-dire 8 0/0 de plus que néant; ce résultat, si éloigné des espérances qu'on pouvait avoir, doit être probablement attribué à la lenteur de la composition du sulfate, et au peu de temps pendant lequel la plante couvre le sol, lequel se borne à 4 mois 1/2. Les essais suivants semblent démontrer qu'il y a lieu de persister dans l'essai de cette matière.

4614. « Ils ont été faits à l'automne de 1843 (octobre),

Digitized by Google

sur une récolte de blé et sur les mêmes places que les essais ci-dessus.

« Ce qui précède ayant démontré que le carbonate et le sous-carbonate d'ammoniaque donnaient les mêmes résultats, on n'a plus opéré qu'avec le sous-carbonate, mais on a employé une liqueur deux fois plus riche, afin de réduire le volume de la tourbe et du mélange.

« On a pris, pour terme de comparaison, la poudrette employée à la dose de 2240 kil. par hectare, et représentant, par son azote, 103 kil. de sulfate d'ammoniaque cristallisé.

« Les sels ammoniacaux ont été employés à la dose de 108 kil. de sulfate par hectare, c'est-à-dire qu'ils contenaient 5 pour 0/0 d'azote de plus que la poudrette.

« Ces essais ont été faits aux mêmes places que les précédents; les mêmes numéros correspondent aux mêmes places; on a suivi en tous points la même marche, au moment des semences (octobre).

RÉSULTATS obtenus AVEC LES MATIÈRES SUIVANTES.	Paille brute par hectare.	Blé par hectare.	Évaluation du grain, celui donné par la poudrette étant 100.	Rapport du grain à la paille, celui ci étant 100.
N° 1. Sous-carbonate et tourbe	2237	1875	94,5 %	65 %
N° 2. Poudrette	3450	2980	100	60
N° 3. Sous-carbonate concentré et tourbe	3150	1875	94,5	60
N° 4. 5/10 sous-carbonate, 5/10 poudrette et tourbe	3050	1997	100	66
N° 5. Néant.	2393	1485	75	63
N° 6. Poudrette	3275	1970	100	60
N° 7. ½ sous-carbonate concentré, ½ poudrette et tourbe	2975	1750	88 ?	57
N° 8. Sulfate et calcaire	3112	1787	90	57
N° 9. Sulfate en sel	2675	1412	71	53
N° 10. Néant	2260	1460	70	52

« Il résulte de ces essais, comme des précédents :

1° Que le sous-carbonate d'ammoniaque donne 94 0/0 du produit de la poudrette; c'est ce que démontrent les essais n° 1, 2, 3, et 6. L'excès de 5 0/0 d'azote qu'on a

employé, n'a eu aucune efficacité; probablement qu'il n'a servi, en raison de la durée de l'essai (neuf mois), qu'à compenser la différence de fixité entre les principes des deux substances;

2° Le n° 3 indique que le carbonate concentré (400 lit. par hectare), agit de la même manière que celui qui est plus faible.

3° Le n° 4 semblerait montrer qu'un mélange par moitié de poudrette et de tourbe imbibée de sous-carbonate, aurait la valeur de la poudrette. Le n° 7 ne confirme pas ce résultat; mais on serait porté à croire qu'il y a eu quelque cause d'erreur dans ce dernier essai, car, dans ceux d'avril, les n°s 4 et 7 ne présentent aucune anomalie.

4° On voit, par le n° 8, que le calcaire humecté avec du sulfate d'ammoniaque, a donné 90 0/0 de la poudrette, tandis qu'au printemps il n'avait donné que 79 0/0. Il faut, sans doute, attribuer cette différence à ce que cette matière a pu agir sur la plante pendant 9 mois, au lieu de 4 1/2. Il est difficile de dire si ce calcaire humecté de sulfate et semé au printemps, a ajouté son action à celle du calcaire d'automne, car il a été enfoui par le labour qui a suivi la récolte d'avoine. Il eût été très-intéressant d'examiner les produits d'une troisième récolte, mais on n'a pas été libre de le faire.

5° Le sulfate en sel n'a, comme plus haut, donné aucun résultat.

6° Enfin, si l'on compare le n° 4, dans lequel on avait semé au printemps de la tourbe imbibée de sous-carbonate, et dans lequel on n'a mis aucun engrais, en automne, avec le n° 10, qui n'a reçu aucun engrais, ni au printemps ni à l'automne, on voit que les deux produits sont, à très-peu près, les mêmes. Il faut en conclure, ou que l'effet du sous-carbonate d'ammoniaque ne se fait pas sentir au delà d'une récolte, ou bien que cette substance, qui était à la surface, a été enfouie trop profondément par les labours qui ont précédé les semailles de blé.

4615. « En résumé, il paraît démontré, par les essais de printemps et d'automne, que les carbonates d'ammoniaque ont une influence très-prononcée et très-heureuse sur la production des céréales;

« Que le sulfate d'ammoniaque à l'état de sel est sans action sur les mêmes plantes, du moins dans les conditions

Digitized by Google

indiquées. Peut-être, obtiendrait-on de meilleurs résultats si on le semait au printemps, sur les céréales, quand elles couvrent la terre, comme on le sème sur les prés, ainsi qu'on le verra plus loin;

« Que le sulfate d'ammoniaque dissous et absorbé par un calcaire, donne d'assez bons résultats, surtout quand la plante occupe longtemps le sol. Son action doit être étudiée pendant plusieurs récoltes consécutives.

« Il est facile de voir que les faits qui précèdent ont quelque importance pour l'agriculture, et qu'elle peut, dès aujourd'hui, employer les sels ammoniacaux avec avantage.

« Il résulte, en effet, de ces essais, qu'une quantité de sous-carbonate d'ammoniaque, équivalant à 92 kil. de sulfate d'ammoniaque, donne un excès de produit représenté, pour un hectare, par :

Avoine : 680 kil. de grain, soit 158 hectol., de 43 kil., à 6 fr. le kil.	95 fr.
400 kil. de paille, soit 80 bottes, net à 10 fr. le 0/0	8
	103 fr.

Qu'une quantité de sous-carbonate d'ammoniaque équivalant à 108 kil. de sulfate d'ammoniaque, donne un excès de produits représenté, pour un hectare, par :

Blé : 435 kil. de grain, soit 6 hectol. de 73 kil., à 18 fr. l'hectol.	108
430 kilogr. de paille, soit 86 bottes, net à 10 fr. le 0/0	8 60
	116 60

« Dans le rayon d'approvisionnement de Paris, où la paille a un prix en général très-élevé, on devrait augmenter la recette de 8 à 10 fr. par cent de paille : ce qui donnerait pour l'excédant brut de la recette 140 à 146 fr. par hectare.

« De ces sommes, il faudrait déduire les frais occasionnés par l'emploi du sous-carbonate d'ammoniaque. Or, les sels ammoniacaux sont maintenant à si bas prix, les eaux ammoniacales, provenant de la distillation de la houille ou des matières animales, fournissent si facilement et si

Digitized by Google

chaulage du tout-carbonate convenable pour cet usage, qu'on peut garantir que les bénéfices nets seraient, par hectare et suivant le prix de la paille :

De 50 à 80 fr. pour la récolte d'avoine.
De 55 à 85 fr. pour la récolte de blé.

4616. « En 1843, je me servis, pour étudier l'action des sels ammoniacaux sur les prés, de dissolutions de carbonate et de sulfate d'ammoniaque, avec lesquelles j'arrosai des surfaces rectangulaires tracées sur une pelouse. Je semai aussi du sulfate d'ammoniaque réduit en poudre, de façon que deux surfaces égales, arrosées avec une dissolution de sulfate, ou saupoudrées de sel, représentaient la même quantité d'ammoniaque.

« Les parties arrosées avec le carbonate ou le sulfate, prirent, après 36 heures, une teinte vert foncé, et se détachèrent d'une manière tranchée du reste de la pelouse.

« Cet effet doit être attribué seulement aux sels, et non à l'humidité, car des parties arrosées à l'eau pure ne présentèrent aucun changement.

« Après la première pluie, les essais avec le sulfate en poudre devinrent en tout semblables aux autres.

« Ce dernier résultat me fit renoncer à l'emploi des dissolutions salines, qui présentent pour le cultivateur des difficultés considérables. Je me proposai seulement de faire des essais avec le sulfate d'ammoniaque en poudre, qu'on sèmerait comme on sème les graines fines.

« J'observai que lorsque, la pelouse ayant été fauchée, l'herbe commença à repousser, il était impossible de distinguer les surfaces qui avaient reçu soit du sel, soit de la dissolution saline; l'action des sels n'aurait donc d'effet que sur une récolte.

« En 1844, je fis semer sur des prés (du 20 au 30 mars) du sulfate d'ammoniaque en poudre, et à la dose de 90 à 100 kil. par hectare. Chaque essai avait environ 1/3 d'hectare. Après la première pluie, les parties ainsi traitées se distinguaient du reste de la pièce par leur couleur vert foncé; plus tard, l'herbe parut plus abondante, mais les circonstances ne me permirent pas de faire d'observations exactes sur les produits.

« En 1845 les essais furent répétés, les emplacements furent limités par des piquets. Lors de la récolte, je me-

Digitized by Google

surai à droite et à gauche de chaque essai, une surface égale à celle de l'essai, c'est-à-dire d'un tiers d'hectare, et je comparai les produits des parties sulfatées avec ceux des parties non sulfatées.

	Excès de produit avec le sulfate.	
1er Essai. Par hectare, sulfate 100 kil. Foin 3,746 kil. Bonne terre douce. Foin 2,907 kil.	839 k.	soit 29 p. 0/0
2e Essai. Par hectare, sulfate 100 kil. Foin 4,956 kil. Très-bonne terre douce. Foin 3,892 k.	1,064	30 p. 0/0
3e Essai. Par hectare, sulfate 100 kil. Foin 3,970 kil. Terre forte. Foin 3,450 kil.	520	15 p. 0/0

« Nous remarquerons que le sulfate paraît avoir une action d'autant plus grande que la terre est meilleure, qu'elle est moins forte, moins argileuse, sans cependant être légère. Il reste à déterminer si, avec une dose moins forte que 100 kil. par hectare, on n'obtiendrait pas d'aussi bons résultats; si, avec une dose plus forte, on n'en obtiendrait pas de meilleurs; si, enfin l'action du sel se ferait sentir au delà d'une année, surtout pour les sols argileux. Il est probable, si ce n'est dans ce dernier cas, que tout l'effet du sel a lieu dès la première année. Ce n'est qu'à la récolte prochaine que ces questions pourront être résolues. »

Les résultats des essais ci-dessus ne sont cependant pas, tels qu'ils sont, sans intérêt pour l'agriculture.

D'après l'essai n° 2, le prix du sulfate d'ammoniaque étant de 54 fr. pour 100 kilogr., la recette égale la dépense, quand le prix du foin est de 31 fr. le cent de bottes. Il y a bénéfice de 18 à 30 fr. par hectare, quand le prix du foin est de 40 à 44 fr. les cent bottes. C'est le cours ordinaire à Paris, hors barrière.

D'après l'essai n° 2, pour qu'il y ait parité entre la recette et la dépense, le foin doit valoir 35 à 40 ou 44 fr. Il y a bénéfice de 7 fr. 50 à 13 fr. par hectare.

L'essai n° 3 donne toujours de la perte.

4617. Mais il faudra examiner si une terre qui recevrait annuellement des sels ammoniacaux, donnerait pendant de longues années des récoltes abondantes; si au

Digitized by Google

fertilité se soutiendrait; ou bien, au contraire, si épuisée par l'abondance des premières récoltes, et ne recevant pas d'autres principes, sa fertilité ne déclinerait pas chaque année.

CHAPITRE XVI ET DERNIER.

PUTRÉFACTION.

4618. Les substances organiques, végétales et animales, ne subissent aucune altération, lorsqu'on les conserve à l'abri du contact de l'air et de l'humidité. On ne possède même, en chimie organique, que peu d'exemples d'une absorption d'oxygène par des substances parfaitement sèches; mais il y a peu de ces matières qui ne s'altèrent à la longue, sous l'influence combinée de l'humidité et de l'oxygène atmosphérique.

Les phénomènes qui caractérisent ce genre d'altération sont extrêmement variés. On les a désignés, en général, sous le nom de *fermentations*, lorsque l'action de l'oxygène se borne à la production d'un ferment capable de déterminer par son simple contact un mouvement moléculaire dans la substance aux dépens de laquelle il s'est formé.

Mais, lorsque l'oxygène intervient pendant tout le cours de la réaction, et que les phénomènes de simple fermentation se compliquent de phénomènes de combustion et d'oxydation lente, on désigne sous le nom de *putréfactions*, les décompositions d'un ordre plus complexe, qui s'effectuent dans ce cas.

Tout le monde connaît les caractères extérieurs par lesquels se manifeste, d'une manière si désagréable, ce genre de décomposition. Les matières animales en putréfaction exhalent une odeur fétide, en même temps qu'elles changent de couleur et de consistance. Elles parcourent une série d'altérations, en fournissant continuellement des produits volatils, jusqu'à ce que la matière organique se trouve réduite en une espèce de terreau dont rien ne rappelle l'origine. C'est ainsi qu'un cadavre, placé dans des conditions convenables à la putréfaction, ne laisse bientôt,

Digitized by Google

abstraction faite des matières minérales, qu'un résidu peu considérable qui finit par disparaître lui-même à la longue.

L'oxygène atmosphérique est à divers titres l'agent de ces décompositions. Sa présence est indispensable pour que la putréfaction complète puisse s'effectuer. Mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer, les phénomènes d'oxydation ne sont pas les seuls qui caractérisent la putréfaction. Pendant le cours de la décomposition putride, il s'effectue dans la matière animale une véritable fermentation, dont les produits intermédiaires sont encore inconnus; mais, dès que l'oxygène intervient dans ce mouvement moléculaire, il donne naissance à de l'eau et à de l'acide carbonique, produits extrêmes de l'oxydation des substances organiques. Quant à l'azote, il s'unit à une certaine quantité d'hydrogène, et se dégage à l'état d'ammoniaque. L'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque, tels sont donc les produits dans lesquels se résolvent, en définitive, toutes les matières animales en putréfaction. Ces matières, dont la composition est ordinairement si complexe, retournent, comme on voit, aux combinaisons inorganiques qui avaient servi aux plantes à les élaborer. C'est ainsi que l'étude de la putréfaction, qui, au premier abord, ne paraît faite que pour inspirer un sentiment de répugnance, acquiert un intérêt tout philosophique en nous révélant un enchaînement de phénomènes, admirable par sa simplicité.

Lorsque le cadavre d'un animal de grande taille est abandonné à lui-même dans la campagne, quelques mouches, attirées par l'odeur de la viande, viennent déposer leurs œufs dans ses flancs. Bientôt, ceux-ci donnent naissance à des myriades de larves qui dévorent la chair de l'animal, et qui, à leur tour, transformées en mouches, s'envolent au loin par milliers et dispersent ainsi la matière azotée du cadavre qui les a nourries. Et, si l'on voit plus tard, ces mêmes mouches périr, saisies par les toiles des innombrables araignées qui tendent leurs filets à ras du sol, au milieu des herbages, on est frappé d'admiration en reconnaissant par quels procédés simples et sûrs les racines des plantes dont les feuilles supportent ces toiles ont reçu leur part de la matière azotée, qui menaçait de se concentrer en grand excès sur un seul point du sol.

Les insectes qui vivent aux dépens des cadavres sont

Digitized by Google

donc des distributeurs de matière azotée; ils ont été créés pour donner des ailes à la viande et pour la diviser en parcelles infinies, qui vont tomber sur le sol comme une rosée fécondante.

Sous une forme plus cachée, la putréfaction reproduit les mêmes circonstances. Elle crée ou nourrit, de même, des myriades d'animalcules dont la vie détermine la combustion de la matière organique où la putréfaction s'est établie, et qui servent d'intermédiaire pour sa conversion en acide carbonique, en eau et en azote ou en ammoniaque.

Ce qu'on appelle un cadavre tombé en pourriture se compose souvent d'une masse innombrable d'acarus, qui ont vécu à ses dépens et dont les cadavres attendent à leur tour qu'une génération d'êtres plus infimes vienne les faire disparaître et en prendre la place; mais non sans que, pendant leur vie, comme pendant celle des acarus eux-mêmes, il se soit dissipé une portion du carbone, une portion de l'hydrogène et une portion de l'azote, primitivement réunis.

Ainsi, la matière animale réunie par les soins des plantes, donne la nourriture à des animaux herbivores, mais non sans qu'une partie considérable de cette matière retourne brûlée à la terre ou à l'air sous forme d'acide carbonique, d'eau, d'ammoniaque ou de résidu minéral.

A ces herbivores, succèdent des carnivores qui vivent à leurs dépens, qui rendent pendant leur vie même et pour son soutien une grande partie de leur substance au règne minéral, et qui, après leur mort, livrent leur cadavre à de nouvelles générations.

Les mouches, les acarus et diverses générations microscopiques viennent prendre place et jouer leur rôle dans ce travail au moyen duquel la vie se développe et se soutient à la surface du globe, tandis que la matière animale se divise sans cesse et se brûle constamment pour aller fournir de toutes parts l'acide carbonique, l'ammoniaque et certains sels aux plantes qui en ont besoin pour se développer.

Il faut souvent des siècles à la vie animale pour détruire le travail qu'une prairie a fait en une seule saison; et de la sourde action des brins d'herbe qui la composent va sortir

Digitized by Google

la matière au moyen de laquelle se manifesteront les plus belles intelligences ou les instincts les plus prodigieux.

Pendant tout le cours de la putréfaction, les produits volatils qui se dégagent exhalent une odeur fétide, due probablement à la présence du soufre et du phosphore dans ces miasmes ; en outre, il se forme de l'hydrogène sulfuré. Quant au dégagement d'hydrogène phosphoré, qui produirait dans les cimetières le phénomène si connu des feux follets, et qui serait dû à la décomposition des matières animales renfermant du phosphore, ce fait a besoin de confirmation.

Lorsque la putréfaction s'accomplit en présence de substances basiques capables de déterminer la formation d'un acide, on remarque au nombre des produits une certaine quantité d'acide nitrique, qui reste uni à la base. La formation de cet acide est due, dans ce cas, à l'oxydation de l'ammoniaque, un des produits de la putréfaction normale.

On sait en effet, d'après les expériences de M. Kuhlmann, que l'ammoniaque peut éprouver une pareille oxydation ; car si l'on fait passer un mélange de ce gaz sur de l'éponge de platine incandescente, il se forme du nitrate d'ammoniaque.

On s'explique ainsi l'efficacité des matières animales dans les nitrières artificielles et naturelles.

Nul doute que dans les nitrières artificielles la présence des bases alcalines n'exerce une influence marquée sur les phénomènes de la putréfaction, soit en accélérant sa marche, soit en modifiant la nature des produits qui prennent naissance.

4619. Il n'en est pas toujours ainsi. Certaines substances alcalines peuvent, par une action en quelque sorte inverse à celle que nous venons d'énoncer, provoquer dans quelques matières animales des modifications capables d'entraver ou même de prévenir la putréfaction. Tout le monde sait que l'on peut conserver des œufs, en les plongeant dans un lait de chaux fait de dix parties d'eau pour une partie de chaux éteinte. Cette base agit-elle en donnant naissance à un dépôt de carbonate de chaux qui préserve la matière animale du contact de l'oxygène, ou en formant avec les membranes des composés à la fois imperméables et imputrescibles ? C'est là une question que l'on pourrait résoudre

Digitized by Google

dans un sens ou dans l'autre. Cependant, comme l'expérience a démontré que ce procédé de conservation, très-sûr pour les œufs de poule, ne s'applique nullement aux œufs d'autruche, on peut croire que l'action de la chaux sur l'albumine est pour beaucoup dans le phénomène. La grande épaisseur de la coquille des œufs d'autruche empêcherait cette action de s'accomplir.

Plusieurs autres substances entravent la putréfaction; on les désigne en général sous le nom d'*antiseptiques*. Nous citerons particulièrement les acides minéraux, un grand nombre de sels, parmi lesquels il faut remarquer surtout le chlorure de sodium, les sels d'alumine, de fer, de cuivre et de mercure, les substances aromatiques, les huiles empyreumatiques, la créosote, l'essence de térébenthine, l'alcool, etc. Toutes ces substances agissent soit en se combinant avec la matière animale pour former des composés plus stables, soit en s'emparant de l'eau, soit en coagulant et en contractant le tissu animal et en facilitant sa dessiccation. De même que le tannin forme avec la gélatine un composé insoluble qui constitue le cuir non putrescible, de même le sublimé corrosif se combine aux tissus albumineux et les préserve longtemps de l'action des agents atmosphériques. Le sulfate de peroxyde de fer agit d'une manière non moins efficace; mais son emploi offre quelques inconvénients pour la conservation des pièces anatomiques. Nous en dirons autant pour le sublimé corrosif, qui serait un obstacle à la dissection postérieure des pièces, soit en occasionnant un dépôt de mercure à la surface des instruments, soit en convertissant en chlorure, le fer et l'acier du tranchant. S'agit-il, au contraire, de garantir simplement un cadavre contre les ravages de la putréfaction, le sublimé corrosif peut rendre, dans ce cas, d'excellents services. Aussi l'a-t-on employé avec succès dans l'embaumement des cadavres, soit en l'injectant dans le système vasculaire, soit en plongeant le sujet tout entier dans une dissolution alcoolique de sublimé et en remplaçant ce sel à mesure qu'il est absorbé par le corps que l'on veut conserver.

Il convient d'ailleurs d'enlever les viscères, et de pratiquer en outre de larges incisions pour faciliter l'absorption du sel mercuriel, dont la dose peut être portée journellement de une à deux livres. Au bout de trois semaines à un

Digitized by Google

mois, on retire le corps, qui ne tarde pas à sécher sans perdre sa couleur naturelle.

D'autres moyens ont été employés pour l'embaumement des cadavres. On sait que les anciens Egyptiens faisaient intervenir, dans ce but, des substances balsamiques et résineuses, comme l'attestent le témoignage des anciens historiens et l'analyse de leurs momies.

4620. Les recherches de M. Gannal ont démontré que, parmi les substances que l'on peut employer dans ce but, les sels d'alumine, et particulièrement le sulfate et l'acétate d'alumine réussissent bien.

S'agit-il de conserver un cadavre pour la dissection, M. Gannal injecte par la carotide gauche cinq à six litres d'une dissolution d'acétate d'alumine à 18° de l'aréomètre de Baumé. Le sujet, ainsi préparé, se conserve pendant cinq à six mois. S'il est abandonné à l'air sec, il peut même se sécher et se momifier complétement. On peut remplacer avantageusement l'acétate d'alumine par le sulfate, moins dispendieux, et qui, employé à la dose d'un kilogramme pour quatre litres d'eau, suffit pour conserver un cadavre pendant deux mois.

Pour la conservation des préparations anatomiques ou celle des objets d'histoire naturelle, M. Gannal recommande l'emploi des liquides suivants : une dissolution de sulfate d'alumine marquant 6°, c'est-à-dire renfermant un kilog. de ce sel sur six litres d'eau ; une dissolution de sulfate d'alumine dans l'eau saturée d'acide arsénieux ; enfin, une solution d'acétate d'alumine marquant 5° et saturée d'acide arsénieux.

L'emploi de l'acide arsénieux offre de graves inconvénients qui doivent rendre très-circonspect dans son application. En effet, s'il s'agit d'un embaumement, on doit toujours le proscrire, car l'introduction de l'acide arsénieux dans les matériaux de cette opération pourrait servir à cacher les traces d'un crime. S'il s'agit de la conservation d'un cadavre pour les recherches de l'anatomiste ou de celle de quelque objet d'histoire naturelle dans un but scientifique, il est toujours à craindre que la personne qui se livrera plus tard à des travaux de dissection ne devienne victime de l'inoculation de ce poison produite par quelque blessure accidentelle survenue pendant la dissection.

Digitized by Google

Si l'on écarte l'intervention de l'acide arsénieux, le procédé de M. Gannal se trouve donc réduit à l'emploi des sels alumineux, qui suffisent en effet.

M. Sucquet vient de faire éprouver à ce procédé une modification tellement importante, qu'elle constitue comme une invention nouvelle. En effet, en injectant une dissolution de sulfite de soude dans les vaisseaux, et baignant les pièces dans une dissolution de chlorure de zinc, non-seulement les chairs se conservent, mais elles gardent leur volume, leur souplesse, leur élasticité.

On peut donc, par ce procédé, préparer des pièces anatomiques très-belles et très-fidèles, où se conserve avec une rare perfection l'aspect primordial de la préparation anatomique fraîche. De nombreux exemples qui font l'ornement du nouveau musée de la Faculté de médecine, montrent que si, de tels produits ne sont pas absolument inaltérables à l'air, ce que le temps seul pourra décider, du moins ils peuvent résister pendant plus d'une année à toutes les causes de destruction, sans avoir éprouvé la moindre apparence d'altération.

M. Sucquet a rendu, par cette découverte, un service très-important à l'anatomie comparée. L'étude des muscles et celle des viscères offre désormais la même facilité que celle du squelette, puisque toutes les parties charnues ou molles sont mises à l'abri de la décomposition spontanée qui les détruit ou les modifie si promptement.

M. Robin a réclamé la priorité du procédé mis en usage par M. Sucquet. Sans juger cette question, je ferai remarquer que M. Robin conseille l'emploi d'un sel qui mérite en effet d'être mis à l'épreuve, c'est l'hyposulfite de zinc, si facile à obtenir par l'action du zinc métallique sur l'acide sulfureux dissous dans l'eau.

Si les sels de zinc et l'acide hyposulfureux sont efficaces, pris séparément, tout annonce en effet que l'hyposulfite de zinc devra l'être à un très-haut degré; cependant, il faut attendre le résultat de l'expérience.

4621. On sait que pour la conservation des pièces molles, on emploie généralement l'esprit de vin. En s'emparant de l'eau, et en contractant les tissus de nature albumineuse, ce liquide conserve très-bien les matières animales, qui s'y trouvent d'ailleurs garanties contre l'action de l'air;

Digitized by Google

mais son emploi est dispendieux, et lorsqu'il s'agit de la conservation des pièces d'une grande dimension, les liquides proposés par M. Gannal peuvent offrir des avantages réels.

4622. Quant à l'embaumement proprement dit, les procédés qu'emploie M. Gannal reposent également sur l'emploi des sels d'alumine, mais les détails de cette opération, les précautions qu'il faut employer pour conserver au tout sa couleur naturelle, aux membres leur flexibilité, et pour faire en sorte qu'au bout de quelques mois le cadavre, imprégné de liquides, et desséché sans se recouvrir de bruns, et sans trop se défigurer, tout cela est demeuré la propriété de l'auteur, qui a eu, d'ailleurs, l'occasion d'appliquer son procédé avec succès.

Tout le monde sait que Ruisch avait découvert des procédés qui lui permettaient d'obtenir des cadavres embaumés avec une si rare perfection, que son cabinet a fait pendant longtemps l'admiration de l'Europe. Pierre le Grand en fit l'acquisition; mais le vaisseau chargé de cette curieuse cargaison périt en route. On a donc perdu à la fois les objets préparés par Ruisch, et le moyen de retrouver ses procédés, qu'il n'a pas fait connaître ailleurs.

Il ne faut pas confondre du reste les procédés chimiques nouvellement mis en pratique avec les procédés d'embaumement pratiqués dans les temps modernes, et qui, pour la plupart, avaient peu d'efficacité. On sait que les procédés étaient généralement fondés sur l'emploi de poudres odorantes, de résines ou de baumes. Or, si ces matières ont résisté elles-mêmes à la putréfaction, il n'en est nullement ainsi de la substance qu'elles devaient préserver. Ainsi le cœur de Richard Cœur de Lion, qui est conservé à Rouen, n'offre aujourd'hui que de l'encens en poudre ou en grumeaux, sans trace, pour ainsi dire, de matière organique.

Les procédés des Égyptiens forment une classe à part. Une analyse exacte de quelques-unes de leurs momies serait nécessaire pour les expliquer.

4623. La conservation des aliments est une question plus importante encore que celle que nous venons d'étudier. Les moyens que l'on emploie dans ce but se réduisent à priver la substance alimentaire, à un état de dessiccation

peu favorable à son altération, ou à empêcher la formation et l'action des ferments, en la mettant à l'abri de l'oxygène.

L'addition de sel marin aux viandes que l'on veut conserver favorise leur dessiccation. En effet, le sel solide s'empare de l'eau dont les fibres sont imprégnées, et forme une dissolution concentrée qui, en s'évaporant, dépose des cristaux de sel dans toutes les parties de la pièce.

Hales avait essayé d'injecter une dissolution saturée de sel marin dans les vaisseaux d'un bœuf, espérant que la viande, salée de la sorte, deviendrait susceptible d'une longue conservation; mais l'expérience lui apprit bientôt que ce procédé était insuffisant. Le bœuf salé par ses soins ne se conserva pas, et l'amirauté anglaise, qui avait fondé quelque espérance sur l'emploi de ce procédé, se vit forcée d'y renoncer.

Il est présumable, néanmoins, qu'une telle méthode réussirait, si le réactif introduit ainsi dans tous les tissus avait un pouvoir antiseptique suffisant et supérieur à celui du sel marin lui-même. Malheureusement, presque toutes les substances qui s'opposent à ces fermentations putrides, s'opposent aussi à ces fermentations qui s'accomplissent dans les organes digestifs, et qui constituent le phénomène de la digestion.

Toutefois, M. Vilaris, de Bordeaux, a connu un procédé dont le secret s'est perdu, et qui lui avait permis de conserver à l'air libre des viandes qui n'avaient reçu aucune addition fâcheuse pour la consommation.

4624. Tout le monde sait que la fumigation est un excellent moyen de conservation pour les viandes. Il paraît certain que c'est surtout la créosote qui communique à la fumée ses propriétés antiseptiques. Ce corps possède, en effet, la propriété de coaguler l'albumine, et de rendre imputrescibles toutes les substances animales.

Nous avons vu que la présence de l'oxygène est une condition nécessaire au développement des phénomènes de la putréfaction. Toutes les fois qu'une matière organique quelconque sera mise à l'abri de cet agent, les ferments azotés ne pourront pas s'y développer. M. Gay-Lussac a prouvé, depuis longtemps, qu'en faisant bouillir le lait

Digitized by Google

tous les jours, de manière à chasser l'air qu'il tient en dissolution, on peut le conserver pendant longtemps. Avant lui, Priestley avait reconnu que, dans une atmosphère de deutoxyde d'azote, la putréfaction ne se manifestait pas. M. Desbassins de Richemond avait même essayé, il y a quelques années, de faire usage du deutoxyde d'azote comme moyen de conservation du poisson que l'on veut transporter à de grandes distances, par exemple de nos ports de mer à Paris. Quelle que fût l'efficacité d'un tel procédé, il serait si peu maniable, qu'on serait bientôt forcé d'y renoncer.

Il n'en serait pas de même d'une dissolution d'aldehyde. Tout porte à croire que ce corps jouera quelque jour un rôle important dans la préparation et dans la conservation des aliments. En effet, elle absorbe l'oxygène, et en l'absorbant elle se convertit en vinaigre : deux causes de conservation très-énergiques.

M. Sucquet vient de faire une heureuse application de la propriété antiseptique du gaz sulfureux, dont l'emploi dans l'art de muter le jus du raisin indiquait d'avance toute l'utilité, quand il s'agirait de maîtriser la putréfaction. Il se contente d'injecter dans les vaisseaux sanguins une dissolution de sulfite de soude; elle suffit pour corriger les effets d'une putréfaction déjà avancée, pour en arrêter le développement, et pour maintenir les cadavres en bon état pendant quelques semaines, malgré le contact d'un air humide, dans une pièce chauffée. Il suffirait de renouveler l'injection pour prolonger la durée de cette préservation.

Comme le sulfite de soude est un corps incapable d'altérer les instruments de dissection, l'emploi de ce procédé, qui est à la fois très-économique et très-sûr, rendra de grands services à l'étude de l'anatomie. Il permet de se livrer aux dissections les plus prolongées et les plus minutieuses, sans danger et sans précipitation.

4625. M. Appert a fait connaître un procédé de conservation des matières alimentaires, qui repose sur une application heureuse des principes si simples que nous venons de rappeler. Il a reconnu qu'il suffit, pour conserver les aliments, de les placer dans un vase dont on soude le couvercle, et que l'on place ensuite dans l'eau, en élevant

Digitized by Google

graduellement la température de ce liquide jusqu'à 100°. On le maintient à ce terme pendant une heure et demie à deux heures. Tout l'oxygène qui pourrait exister dans la boîte disparaît et se change en acide carbonique. C'est évidemment à cette conversion de l'oxygène en acide carbonique qu'il faut attribuer le pouvoir préservateur du procédé. La plus faible trace de ce gaz pourrait causer une altération qui, pour être limitée, n'en serait pas moins réelle. Il faut donc exagérer plutôt la durée de l'ébullition que chercher à l'abréger.

En Angleterre, les vases dont on se sert pour cette opération se recouvrent d'un couvercle percé d'un trou, que l'on bouche à l'aide d'une pièce plus petite. On soude le grand couvercle après avoir introduit les aliments solides, puis on verse les liquides par le trou; enfin, on bouche celui-ci, en le soudant un opercule plus petit.

Ce procédé, qui rend de grands services dans une foule de cas, ne s'applique cependant pas à toutes les matières alimentaires. C'est ainsi que le lait n'a jamais été bien conservé par ce moyen. On comprend aisément qu'il en soit de même de la conservation en nature des fruits verts. Le procédé d'Appert est, d'ailleurs, d'un emploi très facile, et présente, en outre, l'avantage de ne pas introduire dans les aliments des substances étrangères capables d'en altérer le goût.

Les viandes conservées par le procédé d'Appert, sont certainement susceptibles d'être servies sur les tables les plus recherchées après qu'on en a opéré la préparation. J'en ai fait plus d'une fois l'expérience. Cependant, les officiers de marine qui ont eu l'occasion d'en faire usage à bord, sont tous d'accord pour déclarer que l'emploi continu de ce genre d'aliments leur est désagréable. Ils trouvent qu'une certaine saveur officinale propre à ce genre de mets, finit par exciter une véritable répugnance, si on persévère dans leur usage. Ils préfèrent la viande salée à l'habitude.

Il paraît que les animaux abattus vers le milieu de la nuit fournissent des viandes qui se conservent mieux que celles des animaux abattus dans le jour. Cette circonstance est très-singulière, car elle prouve que les viandes les plus propres à la conservation sont celles qu'on a extraites de

Digitized by Google

l'animal quand sa respiration était la moins développée et sa température la plus basse. Tout le monde sait que la viande d'un animal abattu après une longue course se conserve au contraire très-mal, ce qui prouve qu'une respiration très-développée et une température très-élevée sont des conditions, en effet, très-défavorables à la conservation.

Il résulte évidemment de ce rapprochement que les viandes imprégnées d'air, ou d'un sang très-oxygéné, sont bien moins propres à la conservation que celles qui se trouvent dans une condition contraire.

De là, on pourrait certainement conclure que le procédé d'insufflation au moyen duquel les bouchers séparent presque toujours la peau des chairs offre de graves inconvénients, puisqu'il tend à porter dans tous les tissus cet air qui détermine si aisément leur décomposition putride. Il serait curieux de comparer la durée de la viande de quelques animaux insufflés au moyen de gaz privés d'oxygène, tels que l'azote ou l'acide carbonique, avec celle des animaux insufflés à l'aide de l'air ordinaire. Tout porte à croire que celle des premiers se conserverait plus longtemps.

En ce qui concerne le procédé d'Appert, peut-être faudrait-il faire le vide dans les vases, avant de les remplir de gaz; on maintiendrait le vide pendant quelque temps pour enlever l'air condensé dans ces tissus; puis on fermerait le vase et on le chaufferait au bain-marie.

Les appareils employés à la Banque de Londres pour le mouillage uniforme et rapide du papier destiné à l'impression des billets conviendraient parfaitement à cet usage.

La conservation des légumes fins, tels que les petits pois, a pris un grand développement depuis que la méthode d'Appert a été généralement connue : elle réussit de façon à ne laisser rien à désirer dans ce genre de préparation.

Il en est de même de la conservation des conserves de fruits, qui peuvent être gardées pendant plusieurs années sans que l'on soit forcé d'exagérer la dose de sucre. De telle façon, qu'en combinant le pouvoir conservateur d'une dose de sucre qui par elle-même serait insuffisante, avec celui qui résulte de la complète destruction de l'oxygène contenu dans le vase, on parvient à garder des fruits pen-

Digitized by Google

dant toute l'année. On utilise ainsi des quantités très-considérables de fruits qui auraient été sans valeur, et on ouvre à la consommation du sucre un débouché dont l'importance n'est pas encore bien comprise; mais, quand ces conserves, préparées là où les fruits abondent, et devenues populaires par l'abaissement de leur prix, auront pris place dans la nourriture habituelle, on sera surpris de la consommation extraordinaire de sucre dont elles deviendront l'occasion.

FIN DU HUITIÈME ET DERNIER VOLUME.

Digitized by Google

Digitized by Google

COUNTWAY LIBRARY
HC 1XWP Y

Digitized by Google

Digitized by Google